Aus der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten
der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. D. Plester

Biochemische Analysen an Endo- und Perilymphe des normalen Meerschweinchens bei Gefrierpräparation

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
JOHANNES KRAUSS
aus Tübingen

1983

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543922_0087

Aus der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten
der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. D. Plester

Biochemische Analysen an Endo- und Perilymphe des normalen Meerschweinchens bei Gefrierpräparation

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
JOHANNES KRAUSS
aus Tübingen

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. W. Frommhold
1. Berichterstatter: Professor Dr. D. Plester
2. Berichterstatter: Professor Dr. E. Steinbach

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Material und Methoden	1o
2.1. Versuchstiere	1o
2.2. Operative Vorbereitung	1o
2.3. Gefrierpräparation der Innenohrflüssigkeiten	12
2.3.1. Entnahmevorbereitung	12
2.3.2. Präparation der 1. Cochleahälfte	14
2.3.2.1. Entnahme der Perilymphe der Scala tympani	14
2.3.2.2. Entnahme der Endolymphe der Cochlea	15
2.3.2.3. Entnahme der Perilymphe der Scala vestibuli	15
2.3.3. Präparation der 2. Cochleahälfte	15
2.3.3.1. Entnahme der Perilymphe der Scala tympani	16
2.3.3.2. Entnahme der Perilymphe der Scala vestibuli	16
2.3.3.3. Entnahme der Endolymphe der Cochlea	17
2.3.4. Entnahme von Liquor cerebrospinalis	17
2.3.5. Präparation des Vestibulums	17
2.3.5.1. Entnahme der Perilymphe des Vestibulums	18
2.3.5.2. Entnahme der Endolymphe des Sacculus	18
2.3.5.3. Entnahme der Endolymphe des Bogengangs	19
2.3.5.4. Entnahme der Endolymphe des Utriculus	19
2.4. Weiterbehandlung und Lagerung der Proben	2o
2.5. Analyse der Proben	2o
2.5.1. Elektrolyte	2o
2.5.2. Gesamtprotein	21
2.5.3. Glucose	21
2.5.4. Statistik	21

Seite

3. Ergebnisse 22
3.1. Perilymphe der Scala tympani 22
3.2. Perilymphe der Scala vestibuli 23
3.3. Perilymphe des Vestibulums 24
3.4. Endolymphe cochleae 25
3.5. Endolymphe des Sacculus 26
3.6. Endolymphe des Utriculus 27
3.7. Endolymphe des Bogengangs 28
3.8. Liquor cerebrospinalis 29

4. Diskussion der Ergebnisse 3o
4.1. Bemerkungen zur Präparation und Auswertung der Proben 3o
4.2. Elektrolyte 33
4.3. Gesamtprotein 38
4.4. Glucose 41

5. Zusammenfassung 45

Tabellen 47
Abbildungen 72
Literaturverzeichnis 83

1. Einleitung und Problemstellung

Im Jahre 1775 veröffentlichte COTUGNO seine Beobachtung, daß das Vestibulum des unbeschädigten Innenohres mit "Wasser" gefüllt ist. Auf Grund der verborgenen Lage des Hörorgans, seiner geringen Größe und fehlender technischer Möglichkeiten, waren physikalische und chemische Untersuchungen zur Funktion des Innenohres zunächst unmöglich. Die Forschung lag in den Händen von Anatomen und Histologen. Es vergingen über 7o Jahre, bis REISSNER (1851) die nach ihm benannte Membran entdeckte und v. KÖLLIKER (1861) das häutige Labyrinth als ein geschlossenes System in der umgebenden Flüssigkeit erkannte. Ebenfalls im Jahre 1861 berichtete MENIERE über eine von ihm obduzierte Frau, die nach schweren Schwindelattacken und plötzlicher Ertaubung verstorben war. Als einzig greifbare Veränderung fand er "Cotugnos Flüssigkeit" im Bogengang von einer "plastischen rötlichen Lymphe" verdrängt.
Da man solchen pathologischen Befunden nur ein sehr begrenztes physiologisches Wissen entgegensetzen konnte, beschäftigten sich immer mehr Untersucher mit der Frage nach Ursprung, Schicksal und Funktion der Innenohrflüssigkeiten und der an sie grenzenden Gewebe.

Zunächst wurde die Perilymphe für Liquor gehalten,und auch als ALDRED, HALLPIKE und LEDOUX 194o in der Perilymphe einen höheren osmotischen Druck als im Liquor fanden, lag die Liquorgenese doch nahe. Die vielfach offene Verbindung zwischen der Scala tympani und dem Subarachnoidalraum über den Aquaeductus cochleae und über die Perineuralräume durch den Modiolus sowie die fehlende arterielle Versorgung der Scala tympani, machten den Liquor als Ursprungsort wahrscheinlich.
Es gibt eine große Zahl von Untersuchungen, bei denen Farbstoffe, Erythrozyten oder radioaktiv markierte Substanzen in den Liquor gegeben wurden, die im Innenohr wieder auftauchten; WEBER (1869), ALTMANN und WALTNER (1947), JAKO

et al. (1959), SCHREINER (1963), SCHUKNECHT und EL SEIFI (1963), ARNOLD und v. ILBERG (1971) und JAHNKE (1978), um nur einige zu nennen.
Nach einer Blockade des Aquaeductus cochleae konnten SCHUKNECHT et al. (1963) aber keine Veränderungen im Perilymphraum feststellen und schlossen so auf eine zwar vorhandene, physiologisch aber nicht notwendige Verbindung.

Auch bei intraperitonealer, intravenöser oder subcutaner Gabe von Farbstoffen oder radioaktiv markierten Elementen ließen sich die Substanzen in den Innenohrflüssigkeiten wiederfinden. Beispielsweise in den Untersuchungen von GRAF und PORETTI (1950), JAKO et al. (1959), CHOO und TABOWITZ (1964) und ORSULAKOVA (1975). GRAF und PORETTI schlossen aus der Kinetik des ^{24}Na-Anstiegs auf eine Entstehung der Perilymphe als Serumultrafiltrat.
SCHREINERS Ergebnisse 1963 bestätigten diese Vermutung. SCHINDLER (1965) erstellte Ähnlichkeitsmatrizen für Perilymphe, Serum und Liquor, anhand derer er beim Menschen auf die höhere Übereinstimmung zwischen Perilymphe und Kapillarserum im organischen und enzymatischen Bereich hinwies. Auch RADEMACHER (1966) kam bei elektrophoretischen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß Perilymphe nicht aus Liquor, sondern aus dem Serum gebildet wird. In einer anatomischen Arbeit kam AXELSON (1968) zu der Ansicht, daß Perilymphe über ein mit Arteriolen versorgtes Kapillarnetz in der Wand der Scala vestibuli gebildet und über die venösen Abflüsse der Scala tympani resorbiert wird. GIEBEL zeigte 1975 chromatographisch, daß Innenohrflüssigkeiten, Liquor und Serum unterschiedliche Aminosäureverteilung und -mengen aufweisen. Daraus folgert er, daß die Lymphen weder ein reines Filtrat des Liquors noch des Serums sein können.

In der Untersuchung der Zusammensetzung der Innenohrflüssigkeiten gelang 1954 Catherine A. SMITH und ihren Mitarbeitern LOWRY und WU ein Durchbruch, als sie entdeckten, daß die Perilymphe des Meerschweinchens Na^+-reich und K^+-arm,

die Endolymphe aber K^+-reich und Na^+-arm ist. Diese ungewöhnliche Ionenverteilung war zunächst nicht mit dem von BEKESY (1952) beobachteten Gleichspannungspotential der Endolymphe gegenüber Perilymphe von +80 mV in Einklang zu bringen. Ein K^+-Diffusionspotential hätte negativ sein müssen, ähnlich dem Inneren einer Nervenfaser. Zahlreiche Autoren befaßten sich mit dem Zusammenhang von Biopotentialen und Ionenkonzentration im Innenohr (z.B. SMITH et al. 1958, JOHNSTONE et al. 1963, HONRUBIA et al. 1965, JOHNSTONE 1965, KONISHI und KELSEY 1968, 1973, CHOU 1970, KONSIHI und MEDELSOHN 1970, KUIJPERS und BONTING 1970, SELLICK und JOHNSTONE 1972, 1975).
Nachdem zunächst auch ein Na^+-Diffusionspotential für möglich gehalten worden war (JOHNSTONE et al. 1963), zeigte sich später, daß elektrogene, energie- und sauerstoffabhängige Ionenpumpsysteme zur Aufrechterhaltung der Potentiale und Endolymphionenkonzentration existieren mußten. Umstritten blieb allerdings die Lokalisation dieser Pumpsysteme.

Die Mehrzahl der Autoren hält die Stria vascularis für das wichtigste "Ionentransportgewebe". Dafür sprechen die Ergebnisse von TASAKI und SPYROPULOS (1959), die auch nach der Zerstörung der Reissnerschen Membran an der Stria noch ein Potential messen konnten, und die autoradiographischen Untersuchungen von PLESTER (1960), MEYER ZUM GOTTESBERGE und PLESTER (1961), KOBURG und PLESTER (1962a) und PLESTER et al. (1962), die in der Stria vascularis nach dem Ganglion spirale den zweithöchsten Eiweißstoffwechsel fanden. CHOU und RODGERS (1962) maßen den Sauerstoffverbrauch von Geweben des häutigen Labyrinths und fanden mit 10,1 μl $O_2/\mu l$ Gewebe und Stunde den höchsten Verbrauch in der Stria vascularis.
KUIJPERS (1969) untersuchte die Aktivität der Na^+/K^+-aktivierten ATP-ase und fand ebenfalls die höchste Aktivität in der Stria vascularis. Nach Perfusionsversuchen mit radioaktiv markierter Perilymphe hielten auch KONISHI et al. (1978) die Stria vascularis für den Ort des aktiven Ionentransports.

RAUCH et al. (1963) kamen dagegen bei Untersuchungen mit markiertem ^{42}K und ^{24}Na zu der Ansicht, daß ein Kaliumtransport über die Reissnersche Membran in die Endolymphe stattfindet. Eine bedeutende Rolle der Reissnerschen Membran für Transport und Stoffwechsel des Innenohrs lassen auch die elektronenmikroskopischen Arbeiten von v. ILBERG und VOSTEEN (1960), IURATO (1967) und HINOJOSA (1971) erkennen. PLESTER (1960) fand den Eiweißstoffwechsel nur im Ganglion spirale und der Stria vascularis höher als in der Reissnerschen Membran. Auch CHOU (1963) maß mit 7,8 µl O_2/µl Gewebe und Stunde einen Sauerstoffverbrauch, der fast so hoch ist wie in der Stria vascularis und höher als in allen anderen Geweben des Labyrinths oder auch der Niere.

Die Flußrichtung der Lymphen wurde schon seit 1927 heftig diskutiert, als GUILD nach Applikation in die Scala media der Cochlea Preußisch Blau Granula in der Wand des Saccus endolymphaticus fand. Er nahm eine Endolymphbildung in der Stria vascularis und ihre Resorption im Saccus endolymphaticus an und stellte die Theorie vom "longitudinal flow" auf.
MEYER zeigte 1951, daß der Endolymphschlauch in vitro für kleinmolekulare Farbstoffe radial durchlässig ist. NAFTALIN und HARRISON (1958), LAWRENCE (1961), RAUCH (1961, 1964) und RAUCH und KÖSTLIN (1962) favorisierten einen "radial flow", den Transport von Perilymphe durch die Reissnersche Membran in die Endolymphe. RAUCH und RAUCH (1974) beschreiben einen selektiv bevorzugten K^+-Durchtritt von der Perilymphe über die Reissnersche Membran in die Endolymphe, von wo aus K^+ "bergab" über die Stria vascularis ins Blut diffundieren würde. Na^+ wird nach ihrer Ansicht in der Stria aktiv reabsorbiert.

LUNDQUIST (1976) schließlich postulierte die Theorie vom "dynamic flow", indem er, wie schon ARENBERG (1970), die oben genannten kombinierte und einen radialen Austausch von Ionen und Energiestoffwechsel - nahe am "Verbraucher", der Sinneszelle - und einen langsamen Abtransport von Debris

und Metaboliten in Längsrichtung des Endolymphschlauchs annahm.

Das Hauptaugenmerk bei Untersuchungen von Lymphproben lag, im Anschluß an die überraschenden Ergebnisse von SMITH et al. (1954), naturgemäß auf der K^+- und Na^+-Bestimmung. Dabei wurden ganz unterschiedliche Entnahme- und Bestimmungsmethoden angewandt. Die Ergebnisse schwankten daher nicht nur zwischen den untersuchten Vertebratenarten, sondern zeigten auch innerhalb einer Tierspezies ganz erhebliche Abweichungen. Das Kalium/Natrium-Verhältnis in der Endolymphe cochleae variierte von 1,58 (MIYAKE 1960; beim toten Meerschweinchen) und 1,65 (RODGERS und CHOU 1966; beim lebenden Meerschweinchen) und 83,89 bei JOHNSTONE et al. (1963; beim lebenden Meerschweinchen) bis zu 171,11 (BOSHER und WARREN 1968; bei der lebenden Ratte). Es lag nahe, daß Auftreten von Resultaten, die um mehr als den Faktor 100 differierten, durch Verunreinigungen mit Perilymphe bei der Entnahme oder unterschiedliche Empfindlichkeit der Analysenmethode zu erklären.
Die meisten Autoren verwendeten Flammenphotometer, BOSHER und WARREN beschrieben sogar die Entwicklung eines speziellen Spectrophotometers für ihre Messungen an Proben mit einem Volumen $\leq$ 0,1 µl. Lediglich SMITH et al. hatten ihre K^+ und Na^+-Werte absorptionsphotometrisch bestimmt.
SUGA et al. (1970) benutzten ionenselektive Mikroelektroden zur Elektrolytbestimmung in der Endolymphe, konnten aber, vermutlich wegen Kalibrierungsschwierigkeiten keine Absolutwerte angeben. Erst SELLICK und JOHNSTONE (1972, 1974) und SELLICK und BOCK (1974) gaben mit 1,2 bzw. $\leq$ 1 mmol/l Natrium und 140 mmol/l Kalium quantitative, mit ionenselektiven Mikroelektroden gewonnene, Resultate. PETERSON et al. (1978) untersuchten auskristallisierte, gefriergetrocknete Endo- und Perilymphe mit der Mikrosonde. Sie erhielten bei Rattenendolymphe ein K^+/Na^+-Verhältnis von 113,94; was 188 mmol/l Kalium und 1,65 mmol/l Natrium entspricht.
Obwohl die exakten Werte für Kalium und Natrium noch immer nicht mit letzter Sicherheit feststehen, scheint es doch

erlaubt zu sein, die in den letzten Jahren mit den verschiedensten Methoden gewonnenen Ergebnisse als Leitwerte zu verwenden. Das K^+/Na^+-Verhältnis wurde neben der Untersuchung auf Erythrozyten und Hämoglobin auch bisher von den meisten Autoren als Kriterium des Reinheitsgrades einer Lymphprobe benutzt.
Anhand einer Tabelle von Ergebnissen früherer Untersuchungen konnten PETERSON et al. (1978) zeigen, daß die Reinheit einer Lymphprobe, die sich in der Höhe des K^+/Na^+-Verhältnisses ausdrückt, ganz wesentlich von zwei Faktoren beeinflußt wird. Zum einen waren die Ergebnisse von Lymphpunktionen immer dann besser, wenn die Entnahmepipetten ölgefüllt statt luftgefüllt waren. Zum anderen war das K^+/Na^+-Verhältnis in Endo- und Perilymphproben umso besser, je kleiner das entnommene Probenvolumen war.

Der entscheidende Nachteil einer solchen in bezug auf K^+ und Na^+ sauberen Entnahme ist leider gerade das geforderte minimale Volumen. PETERSON et al. (1978) fanden die besten Ergebnisse bei Lebendpunktionsentnahmen von $< 0{,}1$ µl und bei Messungen mit ionenselektiven Mikroelektroden.

Zur Bestimmung mehrerer auch organischer Substanzen aus einer Probe erhofft man sich für die Analysen ein möglichst großes Volumen, und Mikroelektroden sind für den Nachweis von Organcia zur Zeit nicht verfügbar.
Zu diesem grundsätzlichen Widerspruch bei den Anforderungen an die Flüssigkeitsentnahme treten weitere Schwierigkeiten. Bei der in vivo Punktion bieten sich zunächst das runde und das ovale Fenster als Zugang an. Hier sind Glaskapillaren relativ leicht einzuführen und verschiedene Peri- und Endolymphräume erreichbar. Beide Fenster wurden daher auch von verschiedenen Untersuchern (z.B. SMITH et al. 1954, CITRON und EXLEY 1957, SILVERSTEIN 1966, VARGA et al. 1966 u.a.) benutzt.
Schon GRAF und PORETTI (1950) hatten aber die Gefahr der Perilymphverunreinigung durch Liquor bei einer Punktion des runden Fensters erkannt. Sie bohrten sich einen Zugang durch

die knöcherne Cochlea und das Ligamentum spirale in die Scala vestibuli. SILVERSTEIN (1966) punktierte zuerst den Liquor, bevor er Perilymphe durch das runde Fenster entnahm. Dieses Verfahren wurde von SCHEIBE et al. (1975) bestätigt, die an Perilymphe Proteinbestimmungen durchführten, die durch einfache Punktion und durch Punktion nach vorhergehender druckentlastender Liquorentnahme gewonnen wurde.

Bei der Annahme einer dynamischen Funktion der Innenohrflüssigkeiten muß man davon ausgehen, daß die Lymphzusammensetzung nicht überall dieselbe ist. Folglich ist der Entnahmeort von ganz erheblicher Relevanz.

Während DAVIES (1968) noch tympanale und vestibuläre Perilymphe sowie cochleäre und utriculäre Endolymphe einfach zu "Endolymphe" und "Perilymphe" mischte, fanden RODGERS und CHOU (1966a) unterschiedliche Natriumwerte in den Endolymphen von Cochlea und Utriculus. Der hohe Natriumwert (79 mmol/l) in der Endolymphe cochleae bei diesen Autoren ist zwar mit Sicherheit auf eine Verunreinigung zurückzuführen, aber die Vermutung, daß in verschiedenen Kompartimenten unterschiedliche Lymphzusammensetzungen anzutreffen sind, wurden von anderen Autoren bestätigt (SILVERSTEIN 1966, MAKIMOTO und SILVERSTEIN 1974). Eine ausführliche Beschreibung seines Verfahrens zur Lebendpunktion an der Katze gibt SILVERSTEIN 1976.
Eine Lebendentnahme ist allerdings nur in begrenztem Umfang aus verschiedenen Lymphräumen möglich. Zum einen hat das operationstechnische Gründe und zum anderen wird bei der Lymphentnahme immer Flüssigkeit aus benachbarten Gebieten nachlaufen, so daß eine ganz genaue Zuordnung der Probe zu einem Ort nicht möglich ist, oder das Volumen ist zu gering, um mehrere Analysen durchzuführen.

Eine Präparation am toten Versuchstier erlaubt zwar eine invasivere Operationstechnik und einen verbesserten Zugang zu den im Schädel verborgenen Teilen des Innenohrs,

löst aber das Problem der nachlaufenden Flüssigkeit nicht und nimmt erhebliche postmortale Veränderungen in Kauf. Schon zehn Minuten post mortem fanden RODGERS und CHOU (1966b) beim Meerschweinchen einen Natriumanstieg im Utriculus von 29 auf 6o mmol/l. Auch PALVA et al. (1969), SILVERSTEIN (1966), DAVIES (1968) und SILVERSTEIN und GRIFFIN (197o) beobachteten einen postmortalen Elektrolytausgleich. In den beiden letztgenannten Arbeiten wurde auch ein Glucoseabfall beobachtet. RADEMACHER und GIEBEL (1973) fanden schon nach wenigen Minuten einen starken Anstieg der Aminosäuren und nach 48 Stunden einen Proteinanstieg um bis zu 2o %, während SILVERSTEIN und GRIFFIN nach 1o Stunden noch keine Proteinveränderungen beobachtet hatten.

Einen völlig neuen Weg beschritt daher RAUCH (1964), als er die Gefrierpräparation des Innenohrs einführte. Es gelang ihm damit, aus der in flüssigem Stickstoff tiefgefrorenen Cochlea fraktionierte Proben von Peri- und Endolymphe zu gewinnen. Er fand dabei eine Zunahme des Gesamtkaliumgehalts in der Schnecke zum Apex hin.
Der gewaltige Aufwand für seine Präparation - mehrere Personen arbeiteten stundenlang, durch beheizte Fliegerkombinationen und externe Atemluftversorgung geschützt, im Tiefkühlraum - und die Elektrolytergebnisse, die nicht mit den bei Lebendentnahmen oder Elektrodenmessungen gewonnenen Werten übereinstimmten, führten dazu, daß diese Methode kaum angewandt wurde. SCHREINER hatte schon 1963 zur Gefrierentnahme von Perilymphe einen Kryostaten verwendet, und auch BECK und HOLZ (1965, 1968) benutzten einen kleinen selbstgebauten Kryostaten zur Präparation der Cochlea. Sie konnten zeigen, daß ihre Lymphproben bei verschiedenen Lebendpunktionen und post mortem Entnahmen elektrophoretisch immer Blutverunreinigungen aufwiesen. Durch Gefrierpräparation entnommene Proben waren aber mikroskopisch und immunelektrophoretisch "sauber". Auch ORSULAKOVA (1975) benutzte für ihre Untersuchungen zu den passiven Austauschvorgängen am Innenohr eine modifizierte Gefrierpräparation nach RAUCH.

GIEBEL verwandte dann 1975 bei seinen Protein- und Aminosäurebestimmungen ein Gefriermikrotom zur schrittweisen Eröffnung der Innenohrräume.
GIEBEL und KEPPELER (1977) untersuchten den Gesamtproteingehalt von Meerschweinchenperilymphe bei verschiedenen Gewinnungsmethoden. Sie führten Lebendentnahmen mit und ohne vorherige Liquordruckentlastung und Gefrierentnahmen durch. Dabei waren die Werte der Gefrierpräparation und aus der Punktion nach Druckentlastung in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von SCHEIBE et al. (1975).

Nachdem ein Tauglichkeitsbeweis dieser Methode zumindest für die Bestimmung von Proteinen erbracht zu sein scheint, sollen in dieser Arbeit die Vorteile der Gefrierpräparation gegenüber einer Lebendentnahme oder post mortem Punktion ausgenutzt werden:

1. Die Möglichkeit, unter operationsmikrokopischer Kontrolle an beliebigen Stellen des Innenohrs genau lokalisiert Peri- und Endolymphproben entnehmen zu können, auch aus dem Sacculus und den Bogengängen. Nur ein genaues, ortsbezogenes Bild von der Zusammensetzung der Innenohrflüssigkeiten kann letztlich Aufschluß über ihre Funktion und Bedeutung liefern.

2. Die Möglichkeit, die anatomischen und evtl. auch pathologischen Verhältnisse im Innenohr während der Entnahmepräparation zu beurteilen.

3. Die Möglichkeit, ohne Kontamination durch Liquor, nachsickerndes Gewebswasser oder andere Flüssigkeiten, ein Maximum an Lymphe zu gewinnen und für die Analyse möglichst vieler Substanzen aus einer Probe zu nutzen.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchstiere

In dieser Untersuchung wurden die Ohren von 33 Meerschweinchen bearbeitet. Die meisten Tiere waren jung und vom Aspekt des Trommelfells ohrgesund. Von zwölf Tieren wurde nur das linke Ohr verwendet, die rechten Ohren wurden in einer anderen Arbeit (TÖNSHOFF, 198o) ausgewertet. Diese Tiere waren bis zu 1o Monate alt. Da einige Innenohren bei den Vorarbeiten zerstört wurden, standen insgesamt 51 Ohren zur Verfügung.

2.2. Operative Vorbereitung

Die Versuchstiere wurden mit 2 ml Urethan narkotisiert. Bei Auftreten von Schmerzreflexen wurde individuell höher dosiert. Vorbereitung und Technik der Gefrierpräparation entspricht im wesentlichen oder Methode von GIEBEL (1975). Zur besseren Übersicht werden zunächst die Haare des Meerschweinchens im Nackenbereich geschnitten. Bei voller Narkosewirkung zieht man mit einer Hand die Nackenhautfalte hoch und schneidet sie mit einer Schere rasch ab. Unter dem Operationsmikroskop (OPMI 1, Zeiss, Oberkochen) erweitert man den entstandenen Defekt vorsichtig mit einer Schere durch Schnitte bis zum Vorderrand der Ohrmuschel und seitlich bis über den Unterkieferwinkel hinaus. Die verschiedenen Muskelgruppen des Hinterhaupts und Nackens liegen nun frei und können leicht mit einem stumpfen Skalpell abgeschoben werden. Entlang eines deutlich sichtbaren Muskelansatzes, der etwa in der Linie äußerer Gehörgang - äußere Hinterhauptsvorwölbung verläuft, schiebt man den einen Muskel nach frontal, den anderen nach caudal. Dazwischen wird nun der Schädelknochen sichtbar. Bei älteren Tieren muß man unter Umständen die sehnigen Muskelansätze scharf durchtrennen. Nach Erreichen der Kante des Hinterhauptknochens legt man den Schädel in Richtung auf den Kieferwinkel weiter frei. Bald wird die

Mastoidschuppe als ein von Suturen umgebenes Dreieck erkennbar. Sie besitzt eine sehr typische, orangenhautartige Oberflächenstruktur und weist als einziger Knochen in diesem Gebiet eine konvexe Wölbung auf.
Wenn die Mastoidschuppe völlig freigelegt ist, alle störenden Muskelwülste zur Seite geräumt und möglicherweise aufgetretene Blutungen gestillt sind, kann man mit der Spitze des Skalpells in den meist sehr zarten Knochen einstechen. Vorsichtig wird dann die ganze Mastoidschuppe stückweise herausgehebelt oder mit einer kleinen Klemme herausgebrochen. In der Tiefe sieht man jetzt die Cochlea in die eröffnete Bulla hereinragen.

Nachdem beim anderen Ohr genauso verfahren wurde, wird in beide Bullae gleichzeitig je 4o ml flüssiger Stickstoff (- 196°C) gespritzt. Dazu ist eine zweite Person erforderlich. Die Kolben der 2o ml Einwegspritzen werden entfernt, die Spritzenzylinder mit Stativklemmen gehalten. Die verwendeten 1er Kanülen müssen sehr fest aufgesteckt werden, da sie durch den entstehenden Druck sonst leicht weggeschossen werden. Die Spritze wird in einem Thermogefäß mit flüssigem Stickstoff gefüllt, ein Laborstopfen aus Kunststoff auf das Ende des Zylinders gesetzt, und die Spritze wird jetzt vom Dampfdruck des siedenden Stickstoffs "angetrieben".

Man hält die Kanüle in die eröffneten Bullae und richtet den Kältestrahl direkt auf die Cochlea. Nach Entleerung der Spritzen wird der Vorgang noch einmal wiederholt, um die Gewißheit zu haben, daß die durchgefrorene Cochlea nicht durch noch funktionierende Blutzufuhr wieder erwärmt wird. Nach der zweiten Kühlspritze ist der hintere Schädel fest durchgefroren. Die Slektivkühlung der Cochlea soll die Abkühlung am Innenohr möglichst kurz halten. Anschließend wird der ganze Meerschweinchenschädel in flüssigen Stickstoff getaucht und gefroren. Kopf und Nackel des Meerschweinchens dürfen nicht zu lange in den flüssigen Stickstoff gehalten werden, erfahrungsgemäß treten in diesem Fall häufiger Risse in den Schädelknochen auf. Sobald der Kopf völlig durch-

gefroren ist (wenn der Stickstoff nicht mehr siedet) wird er mit einer Bandsäge vom Rumpf getrennt.
Man orientiert sich am Hinterrand der eröffneten Bulla und sägt vom Nacken zum Kieferwinkel. Ohrmuschel und Haare lassen sich in gefrorenem Zustand leicht abschaben. Der vordere Schädel wird mit einem Frontalschnitt durch den Hinterrand der Bulbi abgetrennt. Auf beiden Seiten trimmt man den Block hart an der Bullaöffnung durch Sagittalschnitte zurecht. Mit einem Horizontalschnitt werden zum Schluß Kiefer und Zähne möglichst vollständig entfernt, da sie eine gleichmäßige Schnittführung im Kryotom behindern. Das Zuschneiden des Meerschweinchenkopfs muß zügig vorgenommen werden, um ein Wiederauftauen zu vermeiden. Eventuell kann der Block noch einmal im flüssigen Stickstoff abgekühlt werden, bevor man mit einer kleinen Knochenzange die Bullaöffnung so weit vergrößert, daß die Cochlea nach caudal und lateral völlig freiliegt. Nach abermaligem Kühlen wird der Block in Zellstoff und Parafilm (American Can Comp.) verpackt, beschriftet und bis zur Entnahme der Innenohrflüssigkeiten bei - 25°C im Gefrierschrank aufbewahrt.

2.3. Gefrierpräparation der Innenohrflüssigkeiten

2.3.1. Entnahmevorbereitung

Zur Entnahme der Innenohrflüssigkeiten wird ein Gefriermikrotom (WK 1150, Gesellschaft für elektrophysikal. Apparatebau, Brandau/Odw.) verwendet. Es verfügt über zwei getrennte Kühlsysteme für Raum- und Tischkühlung. Zur Montage des Kopfes auf dem Gefriertisch des Kryotoms wird der Kopf so ausgerichtet, daß die Schnecken genau in einer Ebene liegen und die Spitzen senkrecht nach unten zeigen. Die Basalwindung liegt also oben, und die Schnittrichtung verläuft ungefähr von occipito-caudal nach cranio-frontal. In dieser Position wird der Kopf mit einem wassergetränkten Zellstoffläppchen am Kühltisch festgefroren (Abb. 1). Bei Einschalten der Schnellkühlung (- 40°C) kann diese Verbindung schon nach einigen Sekunden belastet werden.

Um die zarten Cochleae in ihrer exponierten Lage bei den folgenden Serienschnitten nicht zu beschädigen, werden sie in Eis eingebettet. Das geschieht folgendermaßen: Mit einer 2 ml Einmalspritze, der eine kurz hinter dem Ansatz abgeschnittene Injektionskanüle (Nr. 2) aufgesetzt ist, wird vorsichtig Tropfen für Tropfen ein Eispanzer um die Cochlea gelegt. Um das Entstehen luftgefüllter Hohlräume zu vermeiden, wird diese Arbeit bereits unter optischer Kontrolle mit dem Operationsmikroskop (OPMI 1, Zeiss, Oberkochen) durchgeführt. Wenn die Bulla vollständig mit Eis gefüllt ist, wodurch die Cochlea nach allen Seiten stabil abgestützt wird, bringt man den Messerschlitten in Position und stellt den Neigungswinkel des verwendeten d-Messers auf - 4°. Spätestens jetzt sollte man die Schnellkühlung wieder abschalten, weil das Eis bei Temperaturen unter - 25°C sehr spröde wird und wesentlich schwieriger zu präparieren ist. Die Temperatur des Kühltisches liegt also bei ungefähr -3o bis -35°C, die Raumtemperatur hält man zwischen -15 und - 25°C.

In 2o µ Schritten wird bis zur Basalwindung vorgeschnitten. Bei richtig justiertem Kopf tangiert man zuerst den Äquator der Basalwindung. Man schneidet nun vorsichtig weiter, bis hinter der knöchernen Wand der Cochlea die Perilymphe der Scala tympani und das darunter liegende Ligamentum spirale sichtbar werden. Zur folgenden manuellen Präparation werden Injektionskanülen verwandt, deren Spitze man spatelförmig flachschleift. Bewährt haben sich Kanülen der Größe Nr. 2 für gröbere Arbeiten, wie das Abpräparieren von Knochen, und Kanülen der Größe Nr. 17 zur Entnahme der gefrorenen Lymphen und feinere Arbeiten.

Mit der größeren Nadel entfernt man zunächst das stützende Wassereis um die Basalwindung. Dann hebt man vom Anschnitt her die knöcherne Bedeckung der Scala tympani ab (Abb. 2 und 3). Dabei wird der Knochen lateral schon bis zur Hälfte des Ligamentum spirale, also etwa zwei Drittel des freien Umfangs der ersten Windung, weggenommen. Jetzt wird mit einer feineren Nadel möglicherweise auf der Oberfläche der Perilymphe haftendes Gewebsmaterial entfernt. Das Ligamentum

spirale, das bei dieser Temperatur eine teigige Konsistenz hat, wird bis zur Basilarmembran abgeschoben. Bevor mit der eigentlichen Entnahme begonnen wird, drückt man ein Skalpell waagerecht knapp unter der Spitze der Cochlea an den Kopf. Das vorher auf die Unterseite mit der Hand leicht erwärmte Wechselklingenskalpell friert in den Block ein und bildet eine stabile Ablage für die entnommenen Lymphstückchen. Der Griff des Messers ist in einer Spezialhalterung befestigt.
Präparationsangaben wie "lateral, oben und unten" beziehen sich nicht auf die anatomische, sondern auf die Lage im Kryotom.

2.3.2. Präparation der 1. Cochleahälfte

2.3.2.1. Entnahme der Perilymphe der Scala tympani

Mit der Präparationskanüle geht man bei starker Vergrößerung (25 x) von lateral in den freiliegenden Perilymphwulst ein. Dabei ist es von allergrößter Wichtigkeit, keinen Druck auf die Nadel auszuüben, sondern nur durch vorsichtige Drehbewegungen kleine Eisstückchen zu lockern. Andernfalls besteht die Gefahr, daß große Eisstücke plötzlich herauskatapultiert werden und unauffindbar verloren gehen. Jedes gelockerte Bröckchen wird mit der Nadel vorsichtig herausgehoben und auf der Skalpellklinge abgesetzt (Abb. 4). Meistens haftet das Eisstückchen an der etwas wärmeren Kanüle und muß deshalb am Skalpell abgestreift werden. Das entnommene Probenstück wird optisch auf Verunreinigungen geprüft und evtl. verworfen. Nach medial und vorne wird die Scala tympani vollständig ausgeräumt. In der Tiefe des Blickfelds hält man bei der Präparation einen gewissen Abstand zum runden Fenster. Dieses neigt dazu, bei der Kühlung mit flüssigem Stickstoff zu rupturieren. Daher wäre im Bereich einer solchen Ruptur eine lokale Verdünnung der Perilymphe durch das um die Cochlea gespritzte Wasser denkbar. Die gesammelten Eisstückchen werden durch Erwärmen der Skalpellklinge mit mit dem Finger aufgetaut. Der entstehende Tropfen wird mit

einer Mikrokapillare (Microcaps 1 oder 2 µl, Drummond) aufgenommen (Abb. 5) und außerhalb des Kryotoms weiterverarbeitet.

2.3.2.2. Entnahme der Endolymphe der Cochlea

Zur Freilegung der Scala media wird die knöcherne Wand der Basalwindung jetzt vollends entfernt, das Ligamentum spirale abgeschoben und das dahinter liegende Eis sorgfältig von anhaftenden Resten der Stria vascularis befreit. Besonderes Augenmerk gilt der vollständigen Entfernung von Basilarmembran und Cortischem Organ. Im Zweifelsfall präpariert man eher zuviel als zu wenig heraus. Hierzu muß eine starke Vergrößerung (bis 40 x) und die Kanüle Nr. 17 benutzt werden. Wenn der Endolymphwall seitlich und oben freipräpariert ist, wird er durch leichtes Drehen der schräg von unten angesetzten Nadel gelockert. Meist läßt sich die Endolymphe in 2 - 3 Teilstücken sehr exakt von der Reissnerschen Membran abscheren.

2.3.2.3. Entnahme der Perilymphe der Scala vestibuli

Vor der Entnahme der Perilymphe überzeugt man sich davon, daß der Scala vestibuli keine Endolymphreste mehr aufsitzen. Auch Gewebe im Bereich der Lamina spiralis ossea muß entfernt werden, um eine saubere Entnahme zu ermöglichen. Sammlung und Aufnahme der Probe erfolgt in der schon beschriebenen Art. Eine Lymphentnahme aus der zweiten Windung ist meist nicht mehr praktikabel. Vor der Präparation der zweiten Hälfte dieser Cochlea wird die erste Hälfte der contralateralen Schnecke bearbeitet, wie überhaupt vor jedem Vorschnitt mit dem Mikrotom die entsprechenden Flüssigkeiten auf beiden Seiten entnommen werden.

2.3.3. Präparation der 2. Cochleahälfte

Während die laterale und die dem Präparator zugewandte Seite der Cochlea relativ gut zugänglich sind, ist die

mediale Seite sehr schwer zu erreichen. Hier ist die Cochlea wie beim Menschen fest in den Schädelknochen eingebettet. Das verhindert ein zartes seitliches Ansetzen der Präparationsnadel. Das Arbeiten senkrecht in den Anschnitt ist aber aus zwei Gründen unzweckmäßig: Erstens können die zu entnehmenden Eisstücke nicht leicht genug auf den vorgesehenen "Gleitflächen" abscheren, und zweitens läßt sich die Kraft auf die Nadel in dieser Arbeitsrichtung bei weitem nicht so gut dosieren und kontrollieren wie bei der Präparation von lateral. Es besteht also eine erhöhte Gefahr der Verunreinigung oder Vermischung verschiedener Flüssigkeiten. Deshalb wird man medial nur in Einzelfällen Proben entnehmen. In aller Regel schneidet man mit dem Kryotom weiter bis knapp vor die Mitte des Modiolus (Abb. 6).

2.3.3.1. Entnahme der Perilymphe der Scala tympani

Vor der Freilegung der 2. Cochleahälfte entfernt man Reste der Perilymphe der Scala vestibuli aus der ersten Windung, die jetzt dem lateralen Anschnitt der Scala tympani direkt aufsitzt.
Aus dem angeschnittenen Modiolus wird das Ganglion spirale vollständig entfernt. Dann kann der knöcherne Modiolus bei vorsichtigem Vorgehen meist leicht herausgebrochen werden. Die gefrorenen Lymphen liegen nun als ungefähr halbkreisförmige Wülste frei. Die Perilymphe der Scala tympani wird in einzelnen Stückchen gelockert und in ihrer Führungsrinne, der äußeren Knochenschale, zum Anschnitt hin verschoben und entnommen.

2.3.3.2. Entnahme der Perilymphe der Scala vestibuli

Nach Ausräumen der Scala tympani entfernt man bei starker Vergrößerung das Corti Organ und die Basilarmembran. Das muß vor Entnahme der Perilymphe der Scala vestibuli geschehen, weil danach der freihängende Eiswulst der Endolymphe cochleae zu leicht zerbrechen würde. Zur Entnahme läßt sich die Perilymphe der Scala vestibuli meist glatt von der Reissnerschen Membran abschieben.

2.3.3.3. Entnahme der Endolymphe cochleae

Die wie ein halbrunder Sims stehengebliebene Lymphe der Scala media wird nochmals von Geweberesten gereinigt und meist in nur zwei bis drei Teilstücken entnommen. Anhaftendes zelluläres Material kann auf der Skalpellklinge noch vorsichtig entfernt werden.

2.3.4. Entnahme von Liquor cerebrospinalis

Beim Vorschneiden mit dem Mikrotom hält man während der gesamten Präparation nach Liquorcisternen Ausschau. Daraus wird der Liquor so entnommen, wie es für die Lymphen beschrieben wurde.

2.3.5. Präparation des Vestibulums

Nach Beendigung der Präparation der Cochlea wird mit dem Kryotom so weit vorgeschnitten, bis man lateral die Stapesfußplatte angeschnitten hat und medial, dem Kochen aufsitzend, die Macula sacculi als weißer Streifen deutlich sichtbar wird.
Ein gewisses Quantum an Innenohrflüssigkeit wird so verschenkt, da es sich aber zum größten Teil um Perilymphe des Vestibulums handelt, von der man relativ viel gewinnen kann, hat die Sicherheit der Orientierung Vorrang. Die anatomischen Verhältnisse sind ohnehin viel weniger gleichförmig als in der Cochlea. Lage und Form des Sacculus scheinen durchaus zu variieren, und die äußerts zarten Begrenzungsgewebe sind häufig auch bei höchster Vergrößerung nicht oder nur schlecht auszumachen. Eine Hilfe ist oft der unterschiedliche Aspekt der verschiedenen Lymphen. In der gefrorenen Perilymphe finden sich mehr große Gasbläschen als in der Endolymphe. Auch in der Farbe gibt es Unterschiede, die Endolymphe ist etwas gelblicher als die Perilymphe. All dies sind aber Hilfskriterien, die dem Präparator nur als zusätzliche Bestätigung einer angenommenen Grenzlinie dienen können.

2.3.5.1. Entnahme der Perilymphe des Vestibulums

Der lateral hochziehende Endolymphschlauch (Caecum vestibulare der Scala media) wird großzügig entfernt und verworfen. Durch das Herausbrechen von Stapes und Stapesfußplatte schafft man sich einen seitlichen Zugang zur Präparation der Perilymphe, der durch Entfernen des dünnen knöchernen Randes des ovalen Fensters noch vergrößert werden kann. Das Vestibulum liegt nun auf zwei Seiten frei, und man kann durch vorsichtige Drehbewegungen der Nadel einzelne Perilymphstückchen lockern. Hierbei muß ganz besonders auf die Vermeidung stoßartiger Bewegungen geachtet werden. Nur so kann durch schwache Scherkräfte Perilymphmaterial exakt von Endolymphstrukturen abgeschoben werden. Perilymphe aus dem Bereich zwischen Sacculus und Utriculus sollte man verwerfen, um eine Kontamination mit Endolymphe aus den bei diesem Zugang kaum sichtbaren Ductus utriculo saccularis und endolymphaticus zu vermeiden.

2.3.5.2. Entnahme der Endolymphe des Sacculus

Lokalisation und saubere Entnahme des Sacculus erweist sich bei der benutzten Methode als besonders schwierig. Die gewählte Schnittrichtung läßt die Sacculuswand bestenfalls als hauchfeine Linie im Anschnitt erkennen, und auch die Hilfskriterien Eisstruktur und Farbe reichen zu genauer Grenzbestimmung häufig nicht aus. Bei vorsichtiger Präparation der Perilymphe von lateral, gelingt es jedoch oft, eine saubere Scherfläche als Begrenzung des Sacculus auszumachen. Die durchgehende kantenfreie Scherfläche und die von einer Bruchfläche innerhalb der Perilymphe abweichende Lichtreflexion liefern den besten Anhalt. Aus den im letzten Abschnitt gegebenen Gründen sollte man Material aus dem Bereich direkt hinter dem Sacculus verwerfen. Meist kann man die Endolymphe in ein oder zwei Stücken entnehmen. Es wird versucht,den Bereich der Macula vor dem Auftauen zu entfernen. Manchmal gelingt dies nicht vollständig, so daß bei der Aufnahme des geschmolzenen Materials in die Mikrokapillare streng darauf

geachtet werden muß, daß kein Gewebe oder gelatinöses Material der Otolithenmembran mit aufgesogen wird.

2.3.5.3. Entnahme der Endolymphe des Bogengangs

Bereits vor der Entnahme der Perilymphe vestibuli erscheint oberhalb des Vestibulums ein von lateral oben nach medial unten verlaufender Bogengang. Auf der Lateralseite ist der Endolymphschlauch zu dünn, um ein sinnvolles Quantum an Flüssigkeit zu gewinnen. Medial dagegen lohnt sich die Entnahme. Mit der feinen Präparationsnadel hebelt man den sich hier verbreiternden Endolymphschlauch heraus. Er löst sich sauber von der dünnen Perilymphummantelung ab. Die so gewonnene Menge ist noch immer viel zu gering, so daß die Masse dieser Proben aus Bogengangsampulle entnommen wird. Nach dem Ausräumen des Sacculus werden die am oberen Rand des Vestibulums liegenden Ampullenbereiche des lateralen und anterioren Bogengangs freipräpariert. Wenn man von den pigmentarmen Albinotieren absieht, ist die Abgrenzung zum umliegenden Perilymphmaterial meist einfach, da die Wand des Endolymphschlauchs in diesem Bereich sehr pigmentreich ist und manchmal wie eine schwarze Röhre auf den Utriculus zuläuft. Dieses dunkle Gewebe läßt sich leicht abziehen. Die Entfernung der Gelatine und des Gewebes von Cupula und Crista ampullaris bereitet größere Schwierigkeiten. Auf jeden Fall muß ein Aufsaugen in die Kapillare vermieden werden, was wegen der unterschiedlichen Viskosität nicht sonderlich schwer ist.

2.3.5.4. Entnahme der Endolymphe des Utriculus

Bei der gewählten Schnittrichtung liegt der Utriculus am Ende des sich verjüngenden Vestibulums, seitlich nur noch von einer dünnen Schicht Perilymphe umgeben. Da man den größten Teil des Vestibulums bereits ausgeräumt hat, schneidet man mit dem Kryotom so weit vor, bis man im Anschnitt die weißliche Macula utriculi erkennen kann. Diese und die Otolithenmembran werden entfernt. Die Endolymphe des Utriculus kann dann meist en bloc entnommen werden, da sie

sich relativ leicht aus der umgebenden Perilymphe herausschieben läßt, wobei die hinteren Bogengangsabgänge abbrechen. Nach der Entnahme der Endolymphe des Utriculus von beiden Ohren ist die Gefrierpräparation beendet.

2.4. Weiterbehandlung und Lagerung der Proben

Wie bei TÖNSHOFF (198o) genauer beschrieben, wird zunächst über eine Längenmessung der Flüssigkeitssäule in den Mikrokapillaren das Probenvolumen bestimmt. Die Kapillaren werden mit einem ca. 5o cm langen Schlauch in eine konisch zulaufende Beem Einbettungskapsel (Balzers, Liechtenstein) vorsichtig und unter stereomikroskopischer Kontrolle ausgeblasen.
Anfangs wurden sehr kleine Volumina gepoolt. Spätere Proben wurden mit 1 µl Ampuwa (Fresenius, Bad Homburg) verdünnt. Sie sind in den Tabellen 1 - 8 mit x gekennzeichnet.
Anschließend werden die Proben, um Verdunstung zu vermeiden, mit sudanschwarz gefärbtem Praffinöl überschichtet. Eventuell randständig im Gefäß hängende Probetröpfchen werden durch Zentrifugieren (3 min bei 3ooo Rpm) in die Konusspitze gebracht. Die sorgfältig gekennzeichneten Kapseln werden im Kühlschrank bei + 4°C gelagert.

2.5. Analyse der Proben

2.5.1. Elektrolyte

Die Kalium- und Natriumbestimmungen wurden nach SILVERSTEIN (1976) durchgeführt.
Dabei wird o,1 µl Probe mit einer Hamilton-Mikroliterspritze (7oo1, N, Hamilton, Darmstadt) aus der Beem Kapsel entnommen und in ein Kunststoffgefäß (Eppendorf, Mililiter-System, Netheler und Hinz, Hamburg) mit 1oo µl Lithium-Standard pipettiert. Eine Berührung der Deckelinnenseite der Plastikgefäße muß vermieden werden (Fingerschweiß!). Mit einem Schüttelmixer (Whirlmix, Bachhofer, Reutlingen) wird für eine gleichmäßige Durchmischung gesorgt.

Pipettiert werden auch verschiedene Standards, die während jeder Meßreihe mitlaufen, um eine Eichkurve erstellen zu können (GIEBEL 1979).
Die Simultanmessung von Kalium und Natrium wird mit einem Digital Flammenphotometer der Instrumentation Laboratory Sp.A. (32.34o, Boskamp, Hersel) durchgeführt. Bei ausreichender Probenmenge werden mehrfache Messungen vorgenommen.

2.5.2. Gesamtprotein

Der Gesamtproteingehalt wurde nach GIEBEL und KEPPELER (1977) mit dem Quantimet 72o D (Cambridge, Dortmund) bestimmt. Auf Cellulose Acetatfolien aufgetragene o,1 µl Proben werden mit Coomassie angefärbt. Nach Entfärbung und Aufhellung werden die Folien fernsehbild-densitometrisch ausgewertet. Eine ausführliche Beschreibung gibt GIEBEL 198o.

2.5.3. Glucose

Der Glucosenachweis erfolgte mit einer Glucosedehydrogenasereaktion (Merckotest Glucose, Art.Nr. 3389, Merck, Darmstadt), die an minimale Volumina angepaßt wurde (GIEBEL 1979). o,3 µl Probe werden eingesetzt. Photometrisch wird bei 34o nm die Extinktion gemessen (PMQ III, Zeiss, Oberkochen). Es wurden jeweils drei Messungen durchgeführt.

2.5.4. Statistik

Angaben zur Auswahl der gemessenen Proben finden sich unter Abschnitt 4.1.
Von den ausgewählten Proben wurde das arithmetische Mittel, die Standardabweichung, Standardabweichung in Prozent, sowie Standardfehler und Standardfehler in Prozent errechnet. Auf Grund der kleinen Probenanzahl kam für Signifikanzuntersuchungen der Student t-Test zur Anwendung.

3. Ergebnisse

3.1. Perilymphe der Scala tympani

Es wurden 51 Proben entnommen (Tab. 1). Wegen des starken Abweichens eines oder mehrerer Werte wurden 33 Proben vor der Mittelwertberechnung gestrichen (Abb. 7). Ein erster Mittelwert wurde berechnet, durch Eingrenzung auf den Bereich ± 1,8 SD entfielen weitere 6 Proben. Aus den verbleibenden 9 wurde ein 2. MW berechnet.
Wegen extrem hoher Glucosewerte wurde ein 2. Glucose-MW ohne die Proben 46 und 47 errechnet.

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)	
$\bar{x}$	7,3	94,8	178,3	2o5,2	126
SD	2,6	25,8	35,9	2o6,3	63,4
%	36,1	27,2	2o,1	1oo,6	5o,3
SE	o,7	6,9	1o,8	57,2	19,1
%	9,6	7,3	6,1	27,9	15,2
N	14	14	11	13	11

2. Mittelwert

$\bar{x}$	7,6	87,2	182,4	241,6	1o8,6
SD	2,6	14,4	5,6	258,4	63,7
%	33,4	16,6	3,1	1o7,o	58,7
SE	o,9	4,8	2,3	91,4	26,o
%	11,1	5,5	1,3	37,8	23,9
N	9	9	6	8	6

Die Differenz zwischen Probenzahl und Anzahl der Werte ergab sich, weil in verschiedenen Proben einige Einzelwerte nicht gemessen wurden.

3.2. Perilymphe der Scala vestibuli

Vierzig der entnommenen Proben (Tab. 2) wurden vor der Mittelwertberechnung aussortiert (Abb. 8). Für Glucose wurden, wegen der extrem hohen Werte in Probe 44, 46, 47, zwei getrennte Mittelwerte berechnet. der 2. MW ergab sich durch Begrenzung des Vertrauensbereichs auf ± 1,6 SD.

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)
$\bar{x}$	2o,9	1o9,1	2o8,6	4o7,o
SD	5,1	21,5	44,o	37o,5
%	24,3	19,7	21,1	91,o
SE	1,5	6,5	13,3	151,3
%	7,3	5,9	6,4	37,2
N	11	11	11	6

2. Mittelwert

$\bar{x}$	23,6	122,5	218,2	369,3	89,3
SD	4,1	11,6	37,8	493,4	11,9
%	17,3	9,5	17,3	133,6	13,4
SE	1,5	4,4	14,3	284,6	6,8
%	6,6	3,6	6,5	72,1	7,7
N	7	7	7	3	3

3.3. Perilymphe des Vestibulums

Elf Proben wurden zur Berechnung des ersten Mittelwerts verwendet. Die starken Abweichungen vieler Werte sind aus Abb. 9 ersichtlich. Bei Anwendung des Faktors 1,5 entfielen weitere vier Proben vor Berechnung des zweiten Mittelwerts. Wegen der hohen Glucosekonzentration in Probe 46 wurden zwei getrennte Glucosewerte berechnet. Ein eingegrenzter Mittelwert wird für Glucose nicht angegeben, da nur zwei Werte, einer davon sehr hoch, übrigbleiben würden (Tab. 3).

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)	
$\bar{x}$	18,4	92,2	21o,7	247,2	155,8
SD	7,1	11,1	4o,6	235,9	83,5
%	38,5	12,o	19,3	95,4	53,6
SE	2,4	3,7	12,3	96,3	37,3
%	12,8	4,o	5,8	39,o	24,o
N	9	9	11	6	5

2. Mittelwert

$\bar{x}$	19,4	86,1	21o,6
SD	7,1	6,4	31,o
%	36,5	7,5	14,7
SE	2,9	2,6	11,7
%	14,9	3,1	5,6
N	6	6	7

3.4. Endolymphe der Cochlea

Die Volumina von 11 Entnahmen waren so gering, daß rechtes und linkes Ohr gepoolt werden mußten oder daß überhaupt keine Substanz mehr zur Analyse vorlag (Abb. 1o/Tab. 4). Vor der Berechnung eines Mittelwertes wurden die Proben, die extreme Abweichungen in Analysewerten oder ein umgekehrtes K^+/Na^+ Verhältnis aufwiesen, eliminiert. Zur Erstellung eines zweiten Mittelwertes wurde der Wertebereich auf $\pm$ 1,7 SD begrenzt. Für Glucose wurde auch eine Berechnung ohne den sehr hohen Wert der Probe 47 durchgeführt.

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)	
$\bar{x}$	93,o	42,6	76,7	299,5	143,8
SD	29,7	1o,6	28,8	382,5	32,2
%	31,9	24,9	37,5	127,7	22,4
SE	8,9	3,2	9,1	156,1	14,4
%	9,6	7,5	11,9	52,1	1o,o
N	11	11	1o	6	5

2. Mittelwert

$\bar{x}$	1o3,8	45,1	65,9	394,o	166,o
SD	29,5	6,6	17,7	456,1	1o,8
%	28,4	14,6	26,9	115,8	6,5
SE	11,1	2,5	6,3	228,o	6,2
%	1o,7	5,5	9,5	57,9	3,7
N	7	7	8	4	3

3.5. Endolymphe des Sacculus

Wie aus Abb. 11 ersichtlich ist, mußten 32 Proben (Tab. 5) wegen eines umgekehrten K^+/Na^+-Verhältnisses oder stark abweichender Werte ausgeschieden werden. Bei der Eingrenzung auf den Mittelwert ± 1,6 SD lagen die Proteinwerte der Proben 49 und 5o außerhalb. Sie wurden bei der zweiten Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt. Für Glucose wurde je ein Mittelwert ohne Probe 46 angegeben.

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)	
$\bar{x}$	86,8	36,o	93,5	311,2	2oo,4
SD	18,4	9,o	4o,6	3o4,6	154,8
%	21,2	25,o	43,4	97,9	77,3
SE	6,9	3,4	15,3	124,4	34,5
%	8,o	9,4	16,4	4o,o	17,2
N	7	7	7	6	5

2. Mittelwert

$\bar{x}$	8o,9	34,o	72,2	362,o	236,3
SD	11,4	7,6	16,1	31o,8	152,9
%	14,o	22,4	22,3	85,9	64,7
SE	5,1	3,4	7,2	139,o	76,5
%	6,3	1o,o	1o,o	38,4	32,5
N	5	5	5	5	4

3.6. Endolymphe des Utriculus

Bei einigen Proben lagen die Natriumwerte höher als die Kaliumwerte. Diese und solche mit stark abweichenden Prüfwerten wurden von der Berechnung ausgeschlossen (Abb. 12/ Tab. 6). Manche Proben mußten wegen geringer Entnahmemenge zusammengefaßt werden. Der zweite Mittelwert entstand durch Einschränkung auf den Bereich ± 1,5 SD. Für die Glucosewerte wurden die Proben 46 und 47 je einmal weggelassen.

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml	
$\bar{x}$	86,1	32,4	53,1	412,o	197,3
SD	16,o	9,o	26,o	387,9	119,2
%	18,6	27,8	48,9	94,1	6o,4
SE	5,3	3,o	9,2	158,4	59,6
%	6,2	9,3	17,3	38,4	3o,2
N	9	9	8	6	4

2. Mittelwert

$\bar{x}$	77,2	3o,6	45,6	329,o	251,3
SD	5,o	1o,1	19,7	163,2	61,3
%	6,5	33,1	43,2	49,6	24,4
SE	2,o	4,1	8,o	81,6	35,4
%	2,6	13,5	17,7	24,8	14,1
N	6	6	6	4	3

3.7. Die Endolymphe des Bogengangs

Am Anfang der Untersuchungen wurden auch hier Proben mit sehr geringem Entnahmevolumen zusammengefaßt (Tab. 7). Spätere Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt. In 14 Proben lag der Kaliumwert niedriger als der Natriumwert. Sie wurden mit weiteren stark abweichenden Werten nicht zur Berechnung des Mittelwerts herangezogen. Die Proben 4o und 45 entfielen durch Einschränkung auf ± 1,6 SD bei der Berechnung des 2. Mittelwerts (Abb. 13). Der extrem hohe Glucosewert in Probe 47 wurde in einer getrennten Mittelwertberechnung nicht berücksichtigt.

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)	
$\bar{x}$	9o,1	4o,o	62,9	375,9	266,5
SD	2o,5	6,o	31,6	3o5,1	1o6,1
%	22,7	15,o	5o,2	81,2	39,8
SE	6,5	1,9	1o,5	115,3	43,3
%	7,2	4,8	16,7	3o,7	16,2
N	1o	1o	9	7	6

2. Mittelwert

$\bar{x}$	86,2	39,o	48,4	455,2	311,o
SD	17,1	6,1	14,8	33o,2	82,o
%	19,8	15,6	3o,5	72,5	26,4
SE	6,o	2,2	5,6	147,7	41,o
%	7,o	5,5	11,5	32,4	13,2
N	8	8	7	5	4

3.8. Liquor cerebrospinalis

Die Natrium-, Kalium-, Protein- und Glucosewerte der Analysen sind in Tab. 8 aufgeführt. Das wiederholte Auftreten derselben Werte ist durch Zuordnung zu rechtem und linkem Ohr zu erklären. Bei der Berechnung des Mittelwertes wurde nur ein Wert pro Paar verwendet. Ein zweiter Glucosemittelwert kam ohne Berücksichtigung der Probe 46 zustande. Zur Berechnung des zweiten Mittelwerts, bei Eingrenzung auf den Faktor 1,6, wurden zwei weitere Proben (37, 47) weggelassen (Abb. 14).

1. Mittelwert

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)	
$\bar{x}$	17,2	87,6	94,3	275,5	163,4
SD	3,3	34,7	72,6	294,3	118,5
%	19,1	39,6	77,o	1o6,8	72,5
SE	1,2	12,3	27,4	12o,2	53,o
%	6,7	14,o	29,1	43,6	32,4
N	8	8	7	6	5

2. Mittelwert

$\bar{x}$	16,9	82,o	73,5
SD	3,8	26,9	23,7
%	22,4	32,8	32,3
SE	1,5	11,o	1o,6
%	9,2	13,4	14,4
N	6	6	5

4. Diskussion der Ergebnisse

4.1. Bemerkungen zur Präparation und Auswertung der Proben

Die Anzahl der endgültig ausgewerteten Proben ist, angesichts der über 32o ursprünglich entnommenen, auf den ersten Blick erschreckend gering. Dafür gibt es verschiedene Gründe: Es zeigte sich im Laufe der Untersuchung, daß beim Einfrieren des Kopfes wiederholt Zerreissungen im Bereich des gesamten Schädels oder auch nur in der Membran des runden Fensters auftraten, obwohl die Cochlea vorsorglich zuerst selektiv gefroren worden war. Die unterschiedlichen Gefrierpunkte der einzelnen Gewebe und Flüssigkeiten und die dadurch zeitlich versetzte Ausdehnung sind als Grund für die auftretenden Spannungen anzusehen. Da in einigen Fällen Blut in den Innenohrflüssigkeiten gefunden wurde, muß angenommen werden, daß es beim Einfrieren der Cochlea zu Gefäßrupturen kommen kann. Meist waren die Blutungen auf die ersten beiden Windungen und die Perilymphen der Schnecke beschränkt.

Bei einem Bruch durch die Lymphräume des Innenohrs ist theoretisch mit zwei Möglichkeiten zu rechnen. Einmal könnte sich auf den durch die Kühlung mit flüssigem Stickstoff sehr kalten Innenohrflüssigkeiten Luftfeuchtigkeit niederschlagen und so die später entnommenen Proben verdünnen. Zum anderen kann der Lymphe durch Sublimation ein ganz erheblicher Teil des Wassers entzogen werden, was zu einer höheren Konzentration der zu messenden Substanzen führt. Als Beispiel hierfür mag Ohr 44, bei dem das Vestibulum während des Gefriervorgangs zerrissen worden war, dienen: K^+ = 154,8 mmol, Na^+ = 114,2 mmol/l und 216 mg/1ooml Protein in der Endolymphe des Sacculus (Abb. 11/Tab. 5). Die Durchschnittswerte für den Sacculus liegen bei 8o,9 mmol/l K^+, 34,o mmol/l Na^+, und 72,2 mg/1ooml Protein. Im Utriculus dieses Ohrs war nur noch so wenig Material vorhanden, daß auf eine Analyse verzichtet werden mußte. Bei der durch ihre Lage etwas besser gegen Verdunstung

geschützten Endolymphe des Bogengangs ist die Proteinkonzentration im oberen Normbereich, Kalium und Natriumkonzentrationen liegen aber um mehr als 8o % über der Norm und sprechen für einen deutlichen Wasserverlust.

Ein weiteres Verdunstungsproblem bereiteten anfangs die im Kühlschrank gelagerten Proben. Auch in fest verschlossenen Plastikröhrchen trat eine deutliche Volumenabnahme auf. Dieser Flüssigkeitsverlust wurde später durch Überschichtung mit Paraffinöl weitgehend verhindert.

Zu niedrige Stoffkonzentrationen in den Proben können auf verschiedenen Fehlern beruhen. Neben der Möglichkeit eines Niederschlags von Luftfeuchtigkeit in der Zeit vom Einfrieren bis zur Präparation könnte während der Montage und Probenentnahme im Mikrotom, die auch bei geübtem Präparator ca. acht Stunden in Anspruch nehmen, eine Kondensation auftreten. Das Innere des Kryotoms steht mit der umgebenden Zimmerluft über eine Öffnung für das OP-Mikroskop in Verbindung. Es ist daher vorstellbar, daß bei wechselnder Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit in Verbindung mit der Atemluft des Präparators eine verschieden starke Kondensation auf den Lymphen stattfand. Da aber bei jeder Andeutung von Eiskristallbildung mit dem Mikrotom um 2o µ weitergeschnitten wurde, kann diese Art der Verdünnung kein allzu großes Maß erreicht haben.
Als typisches Beispiel für verdünnte Proben seien die tympanalen Perilymphen der Ohren 32 - 35 genannt (Abb. 7/Tab. 1). Sie weisen durchweg stark erniedrigte Werte auf, z.B. o,2 mmol/l Kalium, 5,3 mmol/l Natrium und 17,3 mg/1ooml Protein (Ohr 33). Diese Verdünnung findet sich auch in den anderen Perilymphräumen und allerdings geringer ausgeprägt in den Endolymphen dieser Ohren. Alle vier Ohren war die lange Aufbewahrungszeit von 5o Tagen zwischen Einfrieren und Entnahmepräparation gemeinsam.

Da Pipettierfehler zu den häufigsten Fehlern bei der Behandlung von Flüssigkeiten überhaupt gehören, muß man gerade bei der Untersuchung extrem kleiner Volumina davon ausgehen, daß Fehldosierungen vorkommen.
Wenn bei einer Probe K^+ und Na^+ Werte zufriedenstellend sind, der Proteinwert aber extrem niedrig ist, wie in der Perilymphe vestibuli des Ohres 14 (Abb. 9/Tab. 3), ist es wahrscheinlich, daß nach der Elektrolytbestimmung nur noch so wenig Material vorhanden war, daß mit der Hamilton Mikropipette nicht mehr genügend Lymphe aufgenommen werden konnte. Der Auftragpunkt in der Proteinbestimmung ist dann mehr Ölfleck als Proteinlösung.

Eine hohe Anzahl von Endolymphproben erwies sich auf Grund des umgekehrten Kalium/Natrium-Verhältnisses als Mischung aus Endo- und Perilymphe. Dies ist zum Teil Folge der technisch sehr schwierigen Entnahme. Erwartungsgemäß traten diese Fehlentnahmen zu Beginn der Untersuchung und in entnahmetechnisch ungünstiger liegenden Endolymphräumen wie dem Sacculus häufiger auf (Abb. 11/Tab. 5). Als Beispiel für eine bluthaltige Probe sei die Perilymphe Scala tympani aus Ohr 45 (Abb. 7/Tab. 1) angeführt, die bei nur 7o,3 mmol/l Na^+ 21,9 mmol/l K^+ enthielt. Für eine Verunreinigung durch Gewebe schließlich spricht ein isoliert hoher Proteingehalt (z.B. Perilymphe Scala vestibuli, Ohr 51 mit 3oo mg/1ooml Protein bei 7,3 mmol/l K^+ und 68,o mmol/l Na^+(Abb. 8/Tab.2).

Verworfen wurden als:

1. Verdünnte Proben — durch Kondenswasser, Pipettierfehler (z.B. bei mangelndem Restvolumen und Ölkontamination) oder Entnahme von Wassereis.

2. Teilweise verdunstete Proben - vor oder nach der Entnahmepräparation.

3. Fehlbehandelte Proben - Entnahmefehler oder Verwechslung beim Pipettieren.

4. Blut- oder gewebehaltige Proben.

Da diese Arbeit Anhaltswerte für weitere Entnahmen liefern sollte, wurde im Gegensatz zu früheren Untersuchungen nicht jede einzelne Substanz getrennt betrachtet. Durch wechselseitige Kontrolle der verschiedenen Parameter wurde daher versucht, verunreinigte Proben zu erkennen und vor der Berechnung zu verwerfen. Schon ein einzelner aus Verunreinigung oder Fehlbehandlung der Probe resultierender Wert führte daher zur Elimination der gesamten Probe.

Eine weitere Verringerung der gewerteten Analysen ergibt sich aus dem sehr eng gefaßten Vertrauensbereich von $< \pm$ 2 SD. Statistisch gesehen ist das sicher nicht zulässig. Da aber die geringe Zahl der nach den angelegten strengen Kriterien "sauberen" Proben für eine "bombensichere" Statistik ohnehin nicht ausreicht, wurde einer einheitlicheren Tendenz der Proben als Grundlage für weitere Analysen der Vorzug gegeben.

4.2. Elektrolyte

Die in dieser Arbeit gefundenen Elektrolytwerte unterscheiden sich ganz erheblich von den bei Lebendpunktionen gewonnenen Ergebnissen. Auch RAUCH (1964) beobachtete einen starken Abfall der Natriumkonzentration und eine Kaliumverdoppelung in den Perilymphen; in der Endolymphe einen verdoppelten Natriumgehalt und einen Kaliumabfall von ca. 2o %.

Von anderen Autoren, wie JOHNSTONE und SELLICK (1972) wurden RAUCHS Gefrierentnahmen deshalb für mit Perilymphe verunreinigt und unbrauchbar gehalten.
Bei näherer Betrachtung wird diese Annahme aber ziemlich unwahrscheinlich. Um die Elektrolytwerte der Endolymphe so stark ($\pm$ 4o mmol/l) zu verändern, müßte rund 1/3 der ent-

nommenen Probe Perilymphe gewesen sein. Eine derart schlechte Entnahmepräparation kann aber ausgeschlossen werden, zumal sich die Endolymphe cochleae entlang der Reissnerschen Membran leicht von der Perilymphe abschieben läßt und die sichtbare Trennfläche völlig glatt ist. Außerdem ist ein entsprechender Elektrolytausgleich gegenüber Lebendentnahmen auch beim Liquor zu beobachten, wo ja eine Kontamination durch Endolymphe nicht möglich ist.

Die hier gefundenen Werte stimmen größenordnungsmäßig mit denen von RAUCH (1964) überein.
Die Kaliumkonzentration der tympanalen Perilymphe liegt mit 7,6 ± 2,6 mmol/l etwas niedriger als bei RAUCH (9,o ± 3,8 mmol/l). Auch der K^+-Gehalt der Endolymphe liegt mit 1o3,8 ± 29 mmol/l gegenüber 117,o ± 12,o mmol/l (RAUCH) tiefer. Die Kaliumkonzentration der vestibulären Perilymphe (23,6 ± 4,1 mmol/l für die Scala vestibuli und 19,4 ± 7,1 mmol/l für das Vestibulum) ist etwas höher als der bei RAUCH (1964) angegebene Wert von 14,6 ± 3,6. Der Natriumgehalt der Endolymphe (45,1 ± 6,6 mmol/l) liegt auch höher als bei RAUCH, der 4o,2 ± 1o,3 mmol/l angibt. Abgesehen von der Perilymphe der Scala vestibuli, liegen die Na^+-Werte dieser Arbeit für Perilymphe ein wenig niedriger als bei RAUCH.
Die Frage nach der Signifikanz dieser Unterschiede läßt sich nicht beantworten, da RAUCH (1964) leider weder eine Anzahl N der untersuchten Proben angibt, noch mitteilt, ob es sich bei den angegebenen Schwankungen um den Standardfehler SE oder die Standardabweichung SD handelt.

Als Erklärung für den Elektrolytausgleich bietet sich ein Zusammenbruch der Barrierenfunktion der Membranen während des Einfrierens an, der zu einer erhöhten Ionendurchlässigkeit führen könnte. Auf Grund der hohen Geschwindigkeit von Ionenbewegungen und der geringen Distanzen im Bereich des Innenohrs wäre so ein Konzentrationsausgleich durchaus vorstellbar.

Außerdem wäre denkbar, daß die ionentransportierenden Enzyme während des Abkühlens bis zum Gefrierpunkt der Innenohrflüssigkeiten, der ja unter - 1o°C liegt, nur noch mangelhaft funktionieren und mit der normalen Gegendiffusion nicht mehr Schritt halten können.
RAUCH (1964) erwähnte SCOTT (1931), der einen Ionentransport sogar noch bei -2o°C angibt und SCHLÖGL (1961), der im gefrorenen Block bei - 1o°C noch eine Ionenwanderung fand. Diese Befunde würden einen Konzentrationsausgleich unter den Lymphen einerseits und mit dem umgebenden Gewebe andererseits auch nach dem Gefriervorgang ermöglichen.

Die auffälligste Veränderung des Elektrolytgehalts bei der Gefrierpräparation ist der Gesamtmolaritätsverlust der Lymphen.
Während die Summe der K^+- und Na^+-Ionen in der Endolymphe cochleae fast erhalten bleibt und in der Perilymphe der Scala vestibuli 145 mmol/l beträgt, sinkt sie in der Perilymphe der Scala tympani und des Vestibulums von rund 15o - 16o mmol/l (SMITH et al. 1954, MAKIMOTO et al. 1978) bei Lebendpunktion auf 1oo - 11o mmol/l ab. RAUCH (1964) beobachtete einen Molaritätsabfall auf 12o - 13o mmol/l.

Eine Änderung der Gesamtmolarität wurde auch in anderen Untersuchungen beobachtet. So fanden RODGERS und CHOU (1966b) in der Perilymphe scala tympani einen Rückgang von 16o auf 138 mmol/l bei Entnahme 1o Minuten post mortem. MENDELSOHN und KONISHI (1969) erzielten einen Molaritätsverlust von fast 4o mmol/l in der Endolymphe nach 3ominütiger Anoxie. SILVERSTEIN (1966) dagegen berichtet von einem postmortalen Molaritätszuwachs in der Endolymphe utriculi von 167 auf 192 mmol/l.

Eine Erklärung für den Molaritätsverlust ist weniger leicht zu finden als für den Konzentrationsausgleich. Gegen die Vorstellung, daß Kondenswasser aus der Luftfeuchtigkeit zu der beobachteten Verdünnung führt, spricht der isolierte Verlust von Ionen. In diesem Fall müßten in allen Proben

alle Substanzen gleichmäßig vermindert sein.
Auch der von RAUCH (1964) als Erklärung angeführte "Einstrom von Gewebswasser" erscheint nicht recht pausibel. Durch diesen Einstrom müßten wiederum alle Substanzen der entsprechenden Lymphen verdünnt werden. Eine Zunahme der Flüssigkeitsmenge um 3o % scheint kaum erfolgt zu sein, sie müßte sich durch eine Ausdehnung im Bereich des runden oder ovalen Fensters bemerkbar gemacht haben. Außerdem ist schwer vorstellbar, woher soviel Gewebswasser wohl kommen sollte. Im Bereich des Liquors stünde sicher genügend Gewebe zur Verfügung, für das Innenohr kann diese Theorie aber nichtzutreffen.

Eine irreversible Bindung der Ionen an organische Substanzen innerhalb der Lymphen ist unwahrscheinlich, da PETERSON et al. (1978) in einem Versuch durch Lebendpunktion gewonnene Perilymphe einfroren und nach dem Auftauen keinerlei Elektrolytänderungen feststellten.

Da alle diese Theorien ausscheiden, bleibt noch die Möglichkeit, daß die Elektrolyte den Lymphraum verlassen.
Auch hier gibt es zwei unterschiedliche Denkansätze. Einmal könnte man sich vorstellen, daß die Ionen, im Gegensatz zu den "schwerfälligeren" organischen Molekülen, beim Fortschreiten der Gefrierfront vermehrt vor dem entstehenden Kristallgitter her "geschoben" werden und sich an organische Substanzen des benachbarten Gewebes anlagern. Sie würden dann bei der Präparation entfernt und stünden beim Auftauen der Lymphprobe nicht mehr zur Verfügung.
Zum anderen gibt es die Möglichkeit, daß, wie RAUCH (1964) berichtet, manche Enzyme durch Kältereiz nicht geschädigt, sondern zunächst stimuliert werden. Eventuell könnten also ionentransportierende Enzyme durch kurzfristig überhöhte Aktivität ein Molaritätsungleichgewicht hervorrufen, indem sie Ionen im Überschuß aus den Lymphen herauspumpen.

Wegen der genannten Elektrolytverschiebungen ist es schwierig, die hier durch Gefrierpräparation gewonnenen Werte mit

denen einer Lebendpunktion zu vergleichen. Rein qualitative Aussagen kann man aber durchaus machen. So findet sich in dieser Untersuchung ein wesentlich höherer K^+-Gehalt in der Perilymphe der Scala vestibuli als in der Scala tympani. Das ist in Übereinstimmung mit dem Ergebnis von MAKIMOTO et al. (1978), die für diese Räume eine hochsignifikante Differenz finden. Bei der Betrachtung der Na^+-Werte für die Perilymphen fällt auf, daß hier für die Scala vestibuli der höchste Na^+-Gehalt gemessen wurde, während MAKIMOTO et al. (1978) einen signifikant niedrigeren Wert als in der Scala tympani erhalten.
Da aber MAKIMOTO, TAKEDA und SILVERSTEIN ihre "Perilymphe der Scala vestibuli" aus dem Vestibulum gewinnen, ist eher ein Vergleich mit dem Wert der Perilymphe des Vestibulums aus dieser Untersuchung angebracht. Dieser Na^+-Wert liegt dementsprechend deutlich niedriger, allerdings nur knapp unter dem der Scala tympani.
In der Endolymphe cochleae sind die Kaliumwerte hier wie bei MAKIMOTO et al. (1978) höher als in der Endolymphe des Utriculus. Natrium ist gegenüber der Lebendpunktion in dieser Untersuchung in der Cochlea etwas höher als im Utriculus, was auf eine geringfügige Verunreinigung mit Cortiorgan schließen lassen könnte.

Sacculus- und Bogengangsendolymphe sind größenordnungsmässig im selben Bereich wie die Endolymphe des Utriculus, in der Gesamtmolarität liegen sie etwas höher. Vergleichswerte von Lebendentnahmen liegen leider nicht vor, und auch RAUCH hat lediglich die Cochlea präpariert.

Die Bestimmung der Elektrolyte ist also wegen der auftretenden Ionenverschiebungen und der daraus resultierenden mangelnden quantitativen Vergleichbarkeit mit anderen Entnahmewerten problematisch, kann aber doch in Verbindung mit anderen Parametern zur Reinheitskontrolle dienen und für gewisse qualitative Vergleiche benutzt werden.

4.3. Gesamtprotein

Der Proteingehalt der Perilymphen dieser Untersuchung liegt im Bereich der Ergebnisse von Lebendentnahmen (Tab. 9). Während LEDOUX (1950), der das Innenohr des Säugetiers als erster auf Gesamtprotein untersuchte, bei der Katze 268 mg/ 100 ml in der Perilymphe fand, erhielten spätere Autoren, wie SMITH et al. (1954) 50 mg, RAUCH et al. (1964) 57,8 mg, CITRON und EXLEY (1957) und RADEMACHER (1966) je 75 mg/100 ml. SILVERSTEIN (1966) kam nach vorheriger Liquorpunktion auf 160 mg für die Scala tympani und 273 mg/100 ml für die Scala vestibuli, wobei er diese Probe allerdings aus dem Vestibulum entnommen hatte. Auch 1970 fanden SILVERSTEIN und GRIFFIN in der Perilymphe von lebenden Katzen einen sehr hohen Proteingehalt von 292 mg/100 ml. MAKIMOTO et al. (1978) fanden in der Scala tympani 212,5 ± 10,7 mg, in der "Scala vestibuli", also dem Vestibulum, 233,9 ± 15,7 mg/100 ml Protein. Ebenfalls hohe Proteinwerte erhielten SCHINDLER et al. (1965) bei otosklerosekranken Menschen mit 227 ± 163 mg/ 100 ml. SCHNIEDER (1968) fand beim Meerschweinchen sogar 400 ± 171 mg/100 ml.
SCHEIBE et al. (1975) erhielten ohne Subokzipitalpunktion einen Gesamtproteingehalt von 59 ± 22 mg/100 ml. Nach Eröffnung des Liquorrraums 152 ± 61 mg/100 ml Protein in der Scala tympani. Bei einem Drittel ihrer Proben (N = 29) lag die Proteinkonzentration über 200 mg/100 ml.
KLEINSCHMIDT und VICK (1976), die mit derselben Technik in zwei Fraktionen Perilymphe der Scala tympani entnahmen, fanden Werte zwischen 100 und 142 ± 41,5 mg/100 ml. Dieser Wert liegt etwas niedriger als die Werte von SCHEIBE et al. (1975), MAKIMOTO et al. (1978) und die Werte dieser Untersuchung. Bei einer post mortem Entnahme fanden KLEINSCHMIDT und VICK dagegen mit 147 - 196 ± 43 mg/100 ml Werte, die in der Höhe den übrigen Untersuchungen entsprechen.

Im Gegensatz zu RAUCH (1964), der in der Perilymphe der Scala vestibuli die doppelte Menge Protein erhielt, fanden SCHEIBE et al. (1975) und MAKIMOTO et al. (1978) zwischen

dem Proteingehalt der Scala tympani und der Perilymphe der Scala vestibuli respektive des Vestibulums keinen signifikanten Unterschied.
KLEINSCHMIDT und VICK (1976) dagegen fanden mit 2o5 ± 49 mg/1oo ml für die Perilymphe der Scala vestibuli einen signifikant höheren Wert als für die Scala tympani. Sie vermuten deshalb eine Liquorverdünnung der tympanalen Perilymphe auch unter physiologischen Bedingungen.

Diese Theorie wird durch die Ergebnisse dieser Untersuchung eher unterstützt als widerlegt. Bei der Anwendung des Student t-Tests zeigt sich zwischen der Perilymphe der Scala tympani und der Scala vestibuli eine signifikante Differenz ($t = 2{,}2842$; $p < o{,}o5$), die allerdings nicht hochsignifikant ist und bei der geringen Zahl von Proben nicht überbewertet werden darf. Zwischen der Scala tympani und der Perilymphe des Vestibulums, die am besten mit SILVERSTEINS oder MAKIMOTOS "Perilymphe der Scala vestibuli" verglichen werden kann, ist der Unterschied geringer, aber mit $t = 2{,}1844$ und $p < o{,}o5$ noch signifikant.

SILVERSTEIN (1966) fand im Vestibulum einen um 113 mg/1oo ml höheren Proteingehalt als in der Scala tympani. Dieser Unterschied glich sich postmortal auf 18 mg/1oo ml aus. Auch bei MAKIMOTO et al. (1978) beträgt der Unterschied noch 21,35 mg/1oo ml, ist aber wegen der großen Streuung (MAKIMOTO et al. geben nur den Standardfehler, nicht aber die Standardabweichung an) nicht signifikant.

Der Proteingehalt der Endolymphen liegt erheblich niedriger als der der Perilymphen. LEDOUX hatte das schon 195o beobachtet. SMITH et al. (1954) fanden in der Endolymphe des Utriculus nur 15 mg/1oo ml Gesamtprotein, CITRON und EXLEY (1957), MIYAKE (196o) und RAUCH (1964) 25 mg/1oo ml.

Diesen sehr niedrigen Werten stehen die hohen Proteinwerte von LEDOUX (195o, 118 mg), SILVERSTEIN (1966, 126 mg) und SILVERSTEIN und GRIFFIN (197o, 164 mg/1oo ml) gegenüber.

Die Resultate dieser Arbeit stimmen mit den Werten von MAKIMOTO et al. (1978) überein, die für die Endolymphe der Cochlea 61,5 mg und für die Endolymphe des Utriculus 64,3 mg/1oo ml messen.
Hier liegt der Proteinwert für die Endolymphe utriculi mit 45,6 mg/1oo ml zwar tiefer, zwischen den Werten der cochleären und utriculären Endolymphen (Tab. 9) besteht nach dem Student t-Test aber kein signifikanter Unterschied ($0{,}1 > p > 0{,}05$). Auch MAKIMOTO et al. (1978) finden mit $p > 0{,}8$ keine signifikante Differenz.

Der Proteingehalt der Bogengangsproben, für den aus der Literatur keine Vergleichswerte vorliegen, ist sehr gut in Übereinstimmung mit den Utriculuswerten. Dies ist angesichts der engen anatomischen Verbindungen nicht verwunderlich.

Mit 72,2 $\pm$ 16,1 mg/1oo ml liegt der Proteingehalt des Sacculus knapp über dem der Cochlea. Man könnte den Eindruck gewinnen, daß Cochlea und Sacculus eher einen höheren, Utriculus und Bogengang eher einen niedrigeren Proteingehalt aufweisen. Das wäre im Hinblick auf die getrennte Zirkulation und Produktion von Endolymphe des cochleären und vestibulären Innenohrs durchaus vorstellbar und ein Hinweis auf die Funktion der Bastschen Klappe. Auch die von MAKIMOTO et al. (1978) gefundene hochsignifikante Differenz zwischen den Kalium- und Natriumwerten der cochleären und utriculären Endolymphe ($p < 0{,}001$) stünden damit ein Einklang.
Ein signifikanter Unterschied besteht aber nur zwischen Sacculus und Utriculus ($p < 0{,}05$). Bei der sehr schwierigen Präparation des Sacculus kann allerdings eine geringfügige Verunreinigung durch Gewebe oder proteinreiche Perilymphe, die zu dem etwas höheren Wert führen würde, nicht ausgeschlossen werden.

Eine solche Verunreinigung durch Gewebe muß im Liquor cerebrospinalis angenommen werden, wo feinste Gewebsfäden im herauspräparierten Eis der Cisternen beobachtet wurden.

Das erklärt auch den Unterschied zu dem um 35 mg/1oo ml niedrigeren Wert bei MAKIMOTO et al. (1978).

Die generell niedrigeren Werte anderer Autoren lassen sich unterschiedlich erklären. Einmal könnte eine geringe Gewebeverunreinigung in den Proben dieser Untersuchung wie auch bei MAKIMOTO et al. (1978), SILVERSTEIN (1966) und SILVERSTEIN und GRIFFIN (197o) einen zu hohen Proteinwert vortäuschen. Bei einem Proteingehalt von 1/1o des Gewebefrischgewichts erhöhen o,3 % Gewebebeimischung den Proteingehalt der Endolymphe um 3oo mg/1oo ml (GEIGY 1969).
Zum anderen könnte bei den Endolymphproben von SMITH et al. (1954) und anderen Autoren durch zu starken Sog der Entnahmepipetten (der Kapillarsog ist alles andere als "a gentle force" - eine sanfte Kraft, wie SMITH et al. schreiben) eine Verdünnung auftreten. Dem sehr rasch entstehenden Druckgefälle folgend, würde eiweißarme Flüssigkeit aus Gefäßen, Gewebe oder aus benachbarten Perilymphräumen nachfließen und so in der Probe einen zu niedrigen Proteingehalt vortäuschen.

4.4. Glucose

Die Perilymphglucosewerte dieser Untersuchung (Tab. 9) stimmen recht gut mit den Ergebnissen von Lebendpunktionen überein.
Die ganz erheblichen interindividuellen Schwankungen sind wohl auf unterschiedliche Blutglucosespiegel zurückzuführen. JUHN und YOUNGS (1972) wiesen auf die Abhängigkeit der Glucosewerte in Liquor und Perilymphe vom Blutzuckerspiegel hin. Eine Rolle könnte hier neben dem Streß der Operation selbst auch unterschiedliche Nahrungsaufnahme kurz vor der Operation spielen. Auf eine bestimmte Nüchternzeit wurde nicht geachtet, und die Operation der Tiere fand zu ganz verschiedenen Tageszeiten statt.

Während CASORATI 1958 beim toten Pferd in der Perilymphe 7o mg/1oo ml Glucose fand, kam KOIDE im selben Jahr beim

Kaninchen auf 22o mg/1oo ml.
Die meisten Untersuchungen wurden an Katzen gemacht (SILVERSTEIN 1966, SILVERSTEIN und GRIFFIN 197o, JUHN und YOUNGS 1972, MAKIMOTO et al. 1978). Dabei lagen die Perilymphglucosewerte alle zwischen 66 und 83,7 mg/1oo ml. MAKIMOTO et al. (1967) fand beim Meerschweinchen mit 125,2 ± 22 mg/1oo ml einen etwas höheren Wert.
Diese Arbeit liegt mit 89,3 ± 11,9 mg für die Perilymphe der Scala vestibuli und 1o8,6 ± 63,7 mg/1oo ml für die Perilymphe der Scala tympani zwischen den vorgenannten Werten.
Die Glucosewerte im Bereich der Endolymphen sind in dieser Untersuchung aber wesentlich höher als bei den entsprechenden Lebendpunktionen. Leider sind bisher nur sehr wenige Bestimmungen des Glucosgehalts der Endolymphe gemacht worden. Lediglich SILVERSTEIN und seine wechselnden Mitarbeiter haben bei der Katze die Endolymphe des Utriculus und der Cochlea getrennt untersucht. 1966 fand SILVERSTEIN in der Endolymphe der Cochlea 15,2 und im Utriculus 25,1 mg/1oo ml Glucose, SILVERSTEIN und GRIFFIN (197o) maßen 28 mg/1oo ml. Da die Veröffentlichungen von SILVERSTEIN und MAKIMOTO (1973), MAKIMOTO und SILVERSTEIN (1974), MORIMOTO und MAKIMOTO (1976) und MAKIMOTO et al. (1978) mehr oder weniger dasselbe Zahlenmaterial beinhalten, soll im Folgenden nur noch auf die letzte Arbeit eingegangen werden. Sie fanden mit 11,17 mg für die cochleäre Endolymphe und 41,86 mg/1oo ml für die utriculäre Endolymphe ganz ähnliche Werte wie SILVERSTEIN 1966.

In dieser Arbeit liegen die Glucosewerte mit 166 ± 1o,8 für die Endolymphe cochleae und bis zu 311 ± 82 mg/1oo ml im Bogengang hochsignifikant ($p < 0{,}001$) über den Werten von MAKIMOTO et al. Während diese Autoren in der Endolymphe also nur etwa 5o % der Perilymphglucosekonzentration finden, ist bei Gefrierpräparation in den Endolymphen ein wesentlich höherer Glucosespiegel zu beobachten.

Eine Verunreinigung durch Perilymphe, wie man sie beim Elektrolyt- oder Proteingehalt diskutieren konnte, kommt hier von vornherein nicht in Betracht, sie müßte zu einer Erniedrigung der Werte führen.
Auch Gewebeverunreinigungen können sich nicht in einer so starken Glucoseerhöhung ausdrücken. Im Bogengang müßte der Zuckergehalt der Gewebsbestandteile den Glucosespiegel der gesamten Endolymphprobe beispielsweise um 2oo - 25o mg/ 1oo ml erhöhen können. Da aber auf Grund des festgestellten Proteingehalts maximal ein Prozent des Probenvolumens Gewebe sein kann, müßte man einen intrazellulären Glucosegehalt von bis zu 25o g/1oo ml annehmen, was nicht sein kann. Außerdem wäre schwer vorstellbar, daß eventuell in der Perilymphe vorhandenes Gewebe, nach dem Proteingehalt könnte es sogar mehr sein als in der Endolymphe, keine entsprechende Glucoseerhöhung hervorruft.

Möglicherweise könnte bei Lebendentnahmen ein schon bei den Proteinen erwähnter Faktor eine Rolle spielen: Unter dem Sog der Entnahmepipette könnte vermehrt Gewebsflüssigkeit in den Endolymphschlauch nachfließen, die zwar den gleichen Ionengehalt aufweist, nicht aber den gleichen Anteil an größermolekularen Substanzen. Allerdings haben gerade SILVERSTEIN (1966) und auch MAKIMOTO et al. (1978) ölgefüllte Pipetten verwandt, mit denen ein zu starker Sog vermieden werden sollte. Die im Vergleich zu anderen Untersuchern hohen Proteinwerte dieser Autoren sprechen auch gegen diese Annahme.
Schließlich könnte man noch vermuten, daß die sezernierenden Gewebe des Endolymphschlauchs auf den Kältereiz hin in kurzer Zeit vermehrt Glucose in die Endolymphe abgeben.

Übereinstimmend mit MAKIMOTO et al. (1978) findet sich ein Anstieg des Glucosegehalts von der Cochlea zum Utriculus bzw. Bogengang hin.

Die extrem hohen Werte der Ohren 46 und 47 stammen von verschiedenen Tieren, aber aus derselben Meßreihe. Hier ist

neben der Möglichkeit besonderer Futter- und Streßbedingungen dieser Tiere an einen systematischen Fehler zu denken, hervorgerufen z.B. durch ein verdorbenes Testenzym. Die rechten Ohren dieser Tiere wurden in der Arbeit von TÖNSHOFF (198o) untersucht und wiesen ebenfalls sehr hohe Werte auf.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Gefrierpräparation als Methode zur umfassenden Gewinnung von Innenohrflüssigkeiten zu prüfen.
Unter operationsmikroskopischer Kontrolle wurde im Gefriermikrotom aus Cochlea, Vestibulum, Sacculus, Utriculus und Bogengängen Endolymphe und Perilymphe entnommen. Die gewonnenen Proben wurden anschließend auf ihren Gehalt an Natrium, Kalium, Glucose und Protein untersucht und mit bei Lebendentnahmen ermittelten Werten anderer Untersuchungen verglichen.
Verantwortlich für die zum Teil auffallend starken Schwankungen der Meßwerte war, neben präparationstechnisch bedingten Entnahmefehlern, die unzureichende Kontrollmöglichkeit einer exakten Pipettierung der o,1 - o3 µl Volumina mit der Hamiltonspritze aus sehr kleinen Probenmengen.
Bei den Natrium- und Kaliumkonzentrationen wurde ein Molaritätsverlust und ein Elektrolytausgleich gefunden. Quantitativ sind diese Ergebnisse daher schwer vergleichbar, sie wurden aber in Verbindung mit anderen Parametern zur Reinheitskontrolle verwandt.
Der Glucosegehalt der Perilymphen unterlag großen Schwankungen (89,3 - 155,8 mg/1oo ml), entsprach aber den Werten bei Lebendentnahmen. Die Zuckerkonzentration der Endolymphen war wesentlich höher (166 - 311 mg/1oo ml).
Die bei der Proteinbestimmung ermittelten Werte lagen alle im Bereich der Ergebnisse bei Lebendpunktion. Der Proteingehalt der Perilymphe der Scala tympani (182,4 mg/1oo ml) war signifikant niedriger als in der Scala vestibuli (218 mg/1oo ml). Die Bogengangsproben, für die aus der Literatur bisher keine Vergleichswerte vorliegen, entsprachen mit einem Proteingehalt von 48,4 mg/1oo ml weitgehend der Konzentration im Utriculus (45,6 mg/1oo ml). Es hat den Anschein, daß Cochlea und Sacculus eher einen höheren, Utriculus und Bogengänge einen niedrigeren Proteingehalt aufweisen, was ein Hinweis auf die Funktion der Bast'schen Klappe wäre.

Die Gefrierpräparation scheint nach den Ergebnissen dieser Arbeit zur Bestimmung von Protein- und Glucosekonzentrationen geeignet zu sein. Natrium- und Kaliumkonzentrationen können dagegen keine in vivo gültigen Absolutwerte darstellen und nur im Vergleich mit anderen Gefrierentnahmen gewertet werden.

Tabelle 1

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe Scala tympani

Ohr	Volumen (ul)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	1,81	-	-	-	-	-	-	62,o	(2)	+
2	1,96	-	-	-	-	184,2	(3)	1o1,o	(1)	+
3	2,36	-	-	-	-	18o,o	(2)	1o5,o	(2)	+
4	3,32	-	-	-	-	211,4	(3)	134,7	(4)	(+)
5	4,17	6,3	(3)	133,5	(3)	2o3,8	(3)	124,o	(4)	(+)
6	1,2o	3,5	(1)	21,4	(1)	-	-	-	-	-
7	o,9	o,2	(1)	16,o	(1)	-	-	-	-	-
8	o,84	5,2	(1)	73,6	(1)	-	-	-	-	+
9	1,o3	o,6	(1)	21,2	(1)	-	-	-	-	-
1o	o,72	o,2	(1)	15,5	(1)	85,9	(1)	-	-	-
11	o,72	o,2	(1)	15,5	(1)	85,9	(1)	-	-	-
12	o,78	3,1	(1)	85,7	(1)	-	-	-	-	+
13	o,66	3,9	(1)	13,7	(1)	-	-	-	-	-
14	o,78	23,2	(1)	111,2	(1)	-	-	-	-	-
15	1,o3	1o,6	(1)	136,o	(1)	-	-	-	-	(+)
16	1,21	3,9	(1)	11o,2	(1)	-	-	64,o	(1)	-
17	1,27	2,3	(1)	136,9	(1)	114,4	(1)	78,o	(1)	(+)

Fortsetzung Tabelle 1

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe Scala tympani

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	1,7	6,4	(1)	95,o	(1)	-	-	71,2	(1)	+
19	1,7	7,7	(1)	11o,9	(1)	-	-	78,3	(1)	+
2o	1,27	4,8	(1)	49,6	(1)	-	-	64,o	(1)	-
21	1,7	o,6	(1)	43,o	(1)	-	-	64,o	(1)	-
22	1,33	9,8	(1)	64,4	(1)	-	-	-	-	+
23	1,33	18,1	(1)	99,4	(1)	-	-	-	-	-
24	1,o3	21,3	(1)	161,3	(1)	-	-	-	-	-
25	1,82	11,3	(1)	86,9	(1)	188,8	(2)	-	-	+
26	1,7	9,o	(2)	6o,2	(2)	252,1	(2)	128,o	(1)	-
27	1,73	7,3	(3)	76,9	(3)	46,o	(2)	135,o	(1)	-
28	2,o2	1o,8	(3)	73,6	(3)	33,1	(2)	-	-	-
29	1,82	7,o	(3)	62,3	(3)	33,o	(2)	277,o	(1)	-
3o	1,33	-	-	-	-	36,6	(2)	135,o	(1)	-
31	1,63	-	-	-	-	24,3	(2)	85,o	(1)	-
32	o,69	5,o	(1)	12,o	(1)	5,7	(2)	-	-	-
33	o,96	o,2	(1)	5,3	(1)	17,3	(2)	-	-	-
34	1,75	6,9	(2)	32,8	(2)	59,o	(2)	263,o	(1)	-

Fortsetzung Tabelle 1

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe Scala tympani

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	1,75	2,1	(2)	18,o	(2)	85,o	(2)	113,o	(1)	-
36	1,o9	49,8	(1)	472,8	(1)	91,2	(2)	256,o	(1)	-
37	1,74	7,3	(3)	62,3	(3)	111,o	(2)	249,o	(1)	(+)
38	1,53	6,9	(1)	74,8	(1)	178,o	(2)	234,o	(1)	+
39	1,54	28,6	(2)	12o,8	(2)	64,3	(2)	24o,o	(1)	-
4o	2,o5	19,2	(2)	176,4	(2)	79,6	(2)	327,o	(1)	-
41	2,51	5,2	(2)	53,5	(2)	39,6	(2)	373,o	(1)	-
42	2,51	-	-	-	-	89,o	(2)	384,o	(1)	-
43	1,o5	7,o	(1)	73,7	(1)	226,o	(2)	149,o	(1)	(+)
44	1,6	19,6	(2)	6o,5	(2)	25,3	(2)	313,o	(1)	-
45	1,72	21,9	(2)	7o,3	(2)	122,3	(2)	42o,o	(1)	-
46	1,74	8,5	(2)	96,o	(2)	188,4	(2)	534,o	(1)	+
47	1,69	9,8	(2)	97,6	(2)	175,1	(2)	747,o	(1)	+
48	1,35	2,5	(2)	51,o	(2)	32,6	(2)	135,o	(1)	-
49	1,66	2o,8	(2)	54,o	(2)	1o3,o	(2)	35,o	(1)	-
5o	1,21	2,9	(1)	56,2	(1)	41,7	(2)	43,o	(1)	-
51	2,96	5,1	(2)	5o,6	(2)	228,o	(2)	131,o	(1)	-

Tabelle 2

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe Scala vestibuli

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	o,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	o,79	28,o	(1)	166,2	(1)	111,7	(2)	-	-	-
3	1,39	37,5	(1)	148,6	(1)	-	-	-	-	-
4	2,3o	2o,5	(1)	14o,5	(1)	187,4	(3)	93,o	(2)	+
5	2,18	-	-	-	-	211,7	(1)	76,o	(2)	+
6	o,7	o,6	(1)	13,7	(1)	-	-	-	-	-
7	o,7	o,6	(1)	13,7	(1)	-	-	-	-	-
8	o,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	o,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1o	o,78	9,8	(1)	47,4	(1)	-	-	-	-	-
11	o,78	9,8	(1)	47,4	(1)	-	-	-	-	-
12	1,o2	5,6	(1)	4o,2	(1)	-	-	64,o	(1)	-
13	1,o2	5,6	(1)	4o,2	(1)	-	-	64,o	(1)	-
14	o,72	27,6	(1)	122,6	(1)	-	-	-	-	+
15	o,72	27,6	(1)	122,6	(1)	-	-	-	-	+
16	o,6	38,2	(1)	1o5,6	(1)	64,3	(1)	-	-	-
17	o,66	37,1	(1)	92,1	(1)	64,3	(1)	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 2

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe Scala vestibuli

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,72	46,6	(1)	119,6	(1)	-	-	-	-	-
19	o,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2o	o,48	8,9	(1)	69,1	(1)	-	-	-	-	-
21	o,78	21,5	(1)	63,9	(1)	-	-	-	-	-
22	o,6	-	-	215,6	(1)	-	-	-	-	-
23	o,42	24,1	(1)	75,6	(1)	-	-	-	-	-
24	o,6	23,1	(1)	115,6	(1)	-	-	-	-	+
25	1,o9	84,9	(1)	49o,8	(1)	-	-	-	-	-
26	o,78	3o,4	(2)	85,8	(2)	-	-	-	-	-
27	o,78	2o,8	(2)	1o4,1	(2)	2o,o	(2)	-	-	-
28	1,o	28,5	(1)	84,7	(1)	38,3	(2)	-	-	-
29	o,75	27,6	(1)	133,6	(1)	242,1	(2)	-	-	+
3o	1,o9	-	-	-	-	52,4	(2)	348,o	(1)	-
31	o,69	-	-	-	-	262,5	(2)	-	-	+
32	o,66	-	-	-	-	199,5	(2)	-	-	+
33	o,84	8,8	(1)	5o,o	(1)	212,6	(2)	-	-	-
34	1,39	5,2	(2)	41,o	(2)	1o3,o	(2)	256,o	(1)	-

Fortsetzung Tabelle 2

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe Scala vestibuli

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	1,o9	4,o	(1)	26,8	(1)	265,o	(2)	78,o	(1)	-
36	1,o5	15,o	(1)	74,o	(1)	26o,o	(2)	-	-	(+)
37	o,75	21,8	(1)	1o5,6	(1)	26o,o	(2)	-	-	+
38	o,87	32,3	(1)	11o,o	(1)	576,o	(2)	-	-	-
39	o,84	17,6	(1)	67,4	(1)	317,1	(2)	-	-	-
4o	o,99	8,2	(1)	51,2	(1)	128,9	(2)	-	-	-
41	1,82	7,3	(2)	54,9	(2)	225,5	(2)	427,o	(1)	-
42	1,14	8,8	(1)	44,9	(1)	187,2	(2)	373,o	(1)	-
43	o,99	13,5	(1)	79,9	(1)	182,7	(2)	99,o	(1)	(+)
44	o,96	18,8	(1)	96,6	(1)	198,o	(2)	541,o	(1)	(+)
45	o,93	51,9	(1)	139,1	(1)	357,7	(2)	256,o	(1)	-
46	x1,66	17,6	(1)	91,9	(1)	126,6	(2)	694,o	(1)	(+)
47	1,39	17,3	(1)	117,2	(1)	164,o	(2)	939,o	(1)	+
48	1,o5	7,o	(1)	76,2	(1)	1o1,8	(2)	-	-	-
49	o,93	7,o	(1)	59,7	(1)	13o,o	(2)	-	-	-
5o	x1,6	22,8	(2)	1o5,1	(2)	449,2	(2)	1oo,o	(1)	-
51	o,87	7,3	(1)	68,o	(1)	3oo,o	(2)	-	-	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Tabelle 3

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe vestibulum

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	o,84	35,o	(1)	1o3,3	(1)	146,6	(2)	-	-	-
2	2,17	-	-	-	-	-	-	131,o	(2)	-
3	2,85	-	-	-	-	175,1	(2)	174,7	(4)	+
4	2,18	-	-	-	-	274,3	(3)	117,5	(2)	(+)
5	2,96	19,o	(1)	111,9	(1)	217,6	(3)	6o,o	(3)	(+)
6	o,48	-	-	3,7	(1)	-	-	-	-	-
7	o,48	-	-	3,7	(1)	-	-	-	-	-
8	1,45	4,3	(1)	54,o	(1)	-	-	-	-	-
9	1,45	4,3	(1)	54,o	(1)	-	-	142,o	(1)	-
1o	o,72	3,9	(1)	4o,2	(1)	42,8	(1)	-	-	-
11	o,72	3,9	(1)	4o,2	(1)	42,8	(1)	-	-	-
12	o,96	34,8	(1)	68,8	(1)	-	-	35,o	(1)	-
13	o,96	34,8	(1)	68,8	(1)	-	-	35,o	(1)	-
14	o,97	25,9	(1)	97,9	(1)	31,9	(1)	-	-	-
15	o,85	26,5	(1)	82,1	(1)	175,8	(1)	-	-	+
16	1,45	29,3	(1)	83,6	(1)	25o,7	(1)	-	-	+
17	o,78	38,2	(1)	139,8	(1)	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 3

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe vestibulum

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,97	3o,8	(1)	79,2	(1)	-	-	-	-	-
19	o,91	34,5	(1)	89,2	(1)	-	-	-	-	-
2o	1,15	7,7	(1)	48,2	(1)	-	-	64,o	(1)	-
21	o,78	12,3	(1)	69,1	(1)	-	-	-	-	-
22	o,42	41,3	(1)	156,3	(1)	-	-	-	-	-
23	o,6	33,5	(1)	126,3	(1)	-	-	-	-	-
24	o,72	11,4	(1)	93,8	(1)	-	-	-	-	+
25	o,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	o,48	24,9	(1)	73,6	(1)	54,4	(2)	-	(1)	-
27	o,66	18,8	(2)	78,3	(2)	228,1	(2)	-	-	+
28	o,78	14,9	(1)	94,1	(1)	186,5	(2)	-	-	+
29	1,12	22,6	(2)	126,1	(2)	21,1	(2)	277,o	(1)	-
3o	1,o3	-	-	-	-	22o,4	(2)	-	-	+
31	o,78	-	-	-	-	136,9	(2)	-	-	-
32	o,66	4,o	(1)	34,8	(1)	121,2	(2)	-	-	-
33	o,54	3,o	(1)	27,2	(1)	153,8	(2)	-	-	-
34	1,27	-	-	-	-	155,o	(2)	49,o	(1)	-

Fortsetzung Tabelle 3

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Perilymphe vestibulum

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	o,97	2,1	(1)	19,2	(1)	133,o	(2)	-	-	-
36	o,45	9,2	(1)	54,o	(1)	19o,o	(2)	-	-	-
37	o,51	15,4	(1)	63,6	(1)	74,o	(2)	-	-	-
38	1,o3	7,3	(1)	46,4	(1)	238,o	(2)	-	-	-
39	o,85	19,4	(1)	56,6	(1)	165,2	(2)	-	-	-
4o	1,57	5,5	(2)	51,4	(2)	44,6	(2)	291,o	(1)	-
41	1,57	8,5	(2)	63,9	(2)	1o2,4	(2)	8o1,o	(1)	-
42	1,63	2o,4	(2)	156,6	(2)	33,3	(2)	519,o	(1)	-
43	1,45	9,4	(2)	72,8	(2)	119,o	(2)	1o6,o	(1)	-
44	1,33	12,9	(2)	111,2	(2)	7o,5	(2)	142,o	(1)	-
45	1,7	9,1	(2)	56,4	(2)	139,2	(2)	43,o	(1)	-
46	1,81	15,3	(2)	84,9	(2)	237,3	(2)	7o4,o	(1)	+
47	1,7	31,4	(2)	25o,4	(2)	157,o	(2)	89o,o	(1)	-
48	1,99	6,2	(1)	67,1	(1)	1o6,3	(2)	71,o	(1)	-
49	1,27	6,7	(1)	67,5	(1)	266,o	(2)	64,o	(1)	-
5o	1,33	23,2	(2)	96,2	(2)	13o,o	(2)	285,o	(1)	(+)
51	x1,39	7,3	(1)	1o4,5	(1)	222,o	(2)	142,o	(1)	(+)

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Tabelle 4

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Cochlea

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	o,3	211,8	(1)	16o,1	(1)	-	-	-	-	-
3	o,3	131,o	(1)	148,1	(1)	-	-	-	-	-
4	o,39	127,o	(1)	5o,9	(1)	66,1	(1)	-	-	+
5	o,72	169,5	(1)	87,6	(1)	196,6	(1)	-	-	-
6	o,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	o,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1,o8	8,1	(1)	24,5	(1)	-	-	-	-	-
9	1,o8	8,1	(1)	24,5	(1)	-	-	461,o	(1)	-
1o	o,48	5,6	(1)	18,3	(1)	-	-	-	-	-
11	o,48	5,6	(1)	18,3	(1)	-	-	-	-	-
12	o,48	12,3	(1)	21,4	(1)	-	-	-	-	-
13	o,48	12,3	(1)	21,4	(1)	-	-	-	-	-
14	o,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	o,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	o,39	57,1	(1)	27,4	(1)	-	-	-	-	(+)
17	o,39	57,1	(1)	27,4	(1)	-	-	-	-	(+)

Fortsetzung Tabelle 4

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Cochlea

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,33	72,4	(1)	39,6	(1)	-	-	-	-	+
19	o,33	72,4	(1)	39,6	(1)	-	-	-	-	+
2o	o,33	24,o	(1)	56,3	(1)	-	-	-	-	-
21	o,33	24,o	(1)	56,3	(1)	-	-	-	-	-
22	o,o6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	o,36	34,1	(1)	142,5	(1)	-	-	-	-	-
25	o,39	64,4	(1)	93,o	(1)	-	-	-	-	-
26	x1,47	49,5	(1)	61,5	(1)	124,9	(2)	35,o	(1)	-
27	o,45	13,1	(1)	67,4	(1)	15,9	(2)	-	-	-
28	o,57	35,7	(1)	121,9	(1)	555,9	(2)	-	-	-
29	o,39	89,4	(1)	164,1	(1)	4o6,8	(2)	-	-	-
3o	x1,3	-	-	-	-	51,8	(2)	178,o	(1)	+
31	x1,42	-	-	-	-	74,8	(2)	163,o	(1)	+
32	x1,45	17,5	(2)	32,6	(2)	65,2	(2)	227,o	(1)	-
33	x1,45	17,5	(2)	32,6	(2)	65,2	(2)	227,o	(1)	-
34	o,39	-	-	-	-	82,8	(2)	-	-	+

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Fortsetzung Tabelle 4

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Cochlea

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	o,57	-	-	-	-	88,2	(2)	-	-	+
36	1,57	84,8	(1)	44,4	(1)	-	-	92,o	(1)	-
37	o,6	83,3	(1)	37,2	(1)	38,o	(2)	-	-	+
38	x1,24	28,o	(1)	51,7	(1)	189,1	(2)	142,o	(1)	-
39	x1,27	174,4	(1)	183,1	(1)	84,6	(2)	32o,o	(1)	-
4o	o,45	-	-	-	-	3,5	(2)	-	-	-
41	x1,45	61,3	(1)	5o,2	(1)	-	-	519,o	(1)	-
42	x1,51	51,1	(2)	39,9	(2)	-	-	178,o	(1)	-
43	o,57	145,8	(1)	45,8	(1)	-	-	-	-	+
44	x1,39	1o1,o	(1)	61,o	(1)	1o2,9	(2)	121,o	(1)	(+)
45	x1,33	56,9	(2)	71,1	(2)	437,7	(2)	85,o	(1)	-
46	x1,24	53,6	(1)	38,5	(1)	252,6	(2)	74o,o	(1)	-
47	x1,54	99,6	(1)	55,o	(1)	49,7	(2)	1o78,o	(1)	+
48	x1,54	126,o	(1)	47,3	(1)	75,9	(2)	157,o	(1)	+
49	x1,51	8o,8	(2)	37,5	(2)	137,o	(2)	1oo,o	(1)	(+)
5o	x1,24	78,5	(1)	56,4	(1)	179,7	(2)	128,o	(1)	-
51	x1,36	17,8	(1)	82,4	(1)	71,o	(2)	748,o	(1)	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Tabelle 5

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Sacculus

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	o,23	55,o	(1)	169,o	(1)	-	-	-	-	-
3	o,o9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	o,69	8o,o	(1)	172,3	(1)	138,5	(1)	-	-	-
5	o,33	97,o	(1)	317,6	(1)	-	-	-	-	-
6	o,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	o,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	o,66	4,8	(1)	19,3	(1)	-	-	-	-	-
9	o,66	4,8	(1)	19,3	(1)	-	-	-	-	-
1o	o,36	9,3	(1)	24,5	(1)	-	-	-	-	-
11	o,36	9,3	(1)	24,5	(1)	-	-	-	-	-
12	o,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	o,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	o,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	o,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 5

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Sacculus

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	o,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2o	o,36	83,o	(1)	26,8	(1)	-	-	-	-	+
21	o,36	83,o	(1)	26,8	(1)	-	-	-	-	+
22	o,18	45,7	(1)	115,o	(1)	-	-	-	-	-
23	o,39	43,5	(1)	99,4	(1)	-	-	-	-	-
24	o,33	59,6	(1)	75,o	(1)	-	-	-	-	-
25	o,75	29,5	(1)	125,2	(1)	273,9	(2)	49,o	(1)	-
26	x1,27	49,3	(1)	167,8	(1)	277,4	(2)	-	-	-
27	x1,24	23,7	(2)	124,3	(2)	127,5	(2)	78,o	(1)	-
28	x1,3	127,6	(1)	164,7	(1)	22,6	(2)	227,o	(1)	-
29	x1,3	127,6	(1)	164,7	(1)	22,6	(2)	227,o	(1)	-
3o	x1,12	-	-	-	-	19,6	(2)	198,o	(1)	-
31	x1,12	6,2	(1)	28,4	(1)	4o,6	(2)	163,o	(1)	-
32	x1,3	-	-	-	-	87,3	(2)	384,o	(1)	+
33	x1,15	56,2	(1)	54,7	(1)	172,7	(2)	32o,o	(1)	-
34	x1,24	33,o	(2)	34,5	(2)	72,o	(2)	28,o	(1)	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Fortsetzung Tabelle 5

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Sacculus

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	x1,21	28,5	(2)	25,4	(2)	42,o	(2)	142,o	(1)	-
36	x1,27	224,6	(1)	137,3	(1)	9o,8	(2)	277,o	(1)	-
37	x1,21	17,6	(1)	69,1	(1)	1oo,5	(2)	78,o	(1)	-
38	x1,33	-	-	-	-	7o,3	(2)	28,o	(1)	+
39	x1,21	77,6	(1)	47,8	(1)	2o1,4	(2)	266,o	(1)	-
4o	x1,21	77,6	(1)	47,8	(1)	2o1,4	(2)	266,o	(1)	-
41	x1,21	96,8	(1)	38,2	(1)	62,5	(2)	227,o	(1)	+
42	x1,12	1o9,8	(1)	8o,1	(1)	491,3	(2)	121,o	(1)	-
43	x1,15	76,o	(1)	44,5	(1)	89,2	(2)	3o6,o	(1)	+
44	x1,21	154,8	(1)	114,2	(1)	216,7	(2)	64,o	(1)	-
45	x1,18	71,2	(1)	5o,2	(1)	158,9	(2)	64,o	(1)	-
46	x1,21	65,7	(1)	33,9	(1)	51,7	(2)	865,o	(1)	+
47	x1,27	87,7	(1)	57,6	(1)	323,4	(1)	1199,o	(1)	-
48	x1,27	71,4	(1)	31,6	(1)	187,5	(2)	1o3,o	(1)	-
49	x1,18	8o,3	(1)	5o,6	(1)	125,2	(2)	57,o	(1)	(+)
5o	x1,o9	122,7	(1)	31,3	(1)	168,1	(2)	-	-	(+)
51	x1,18	75,1	(1)	82,o	(1)	131,7	(2)	797,o	(1)	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Tabelle 6

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Utriculus

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	o,36	257,o	(1)	94,3	(1)	-	-	-	-	-
2	o,33	118,o	(1)	35,7	(1)	-	-	-	-	(+)
3	o,51	-	-	-	-	59,7	(1)	-	-	+
4	o,54	191,o	(1)	51,o	(1)	35,2	(1)	-	-	-
5	o,51	156,5	(1)	48,4	(1)	2o,6	(1)	-	-	-
6	1,o9	6,4	(1)	15,o	(1)	-	-	-	-	-
7	1,57	o,2	(1)	12,5	(1)	-	-	71,o	(1)	-
8	1,o9	31,5	(1)	46,9	(1)	-	-	26o,o	(1)	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	1,1	19o,4	(1)	8o,7	(1)	-	-	49,o	(1)	-
13	1,1	19o,4	(1)	8o,7	(1)	-	-	49,o	(1)	-
14	1,1	19o,4	(1)	8o,7	(1)	-	-	49,o	(1)	-
15	1,1	19o,4	(1)	8o,7	(1)	-	-	49,o	(1)	-
16	1,1	19o,4	(1)	8o,7	(1)	-	-	49,o	(1)	-
17	1,1	19o,4	(1)	8o,7	(1)	-	-	49,o	(1)	-

Fortsetzung Tabelle 6

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Utriculus

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,48	73,5	(1)	25,o	(1)	-	-	-	-	+
19	o,48	73,5	(1)	25,o	(1)	-	-	-	-	+
2o	o,3	5o,o	(1)	15,8	(1)	-	-	-	-	-
21	o,3	5o,o	(1)	15,8	(1)	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	o,15	112,9	(1)	67,5	(1)	-	-	-	-	-
25	o,79	21,6	(1)	1o9,7	(1)	-	-	-	-	-
26	o,48	79,2	(1)	1o6,9	(1)	23o,o	(2)	-	-	-
27	x1,2	86,3	(2)	98,7	(2)	33,7	(2)	99,o	(1)	-
28	x1,33	77,2	(2)	68,7	(2)	1o1,8	(2)	99,o	(1)	-
29	1,18	75,7	(2)	77,2	(2)	27,9	(2)	32,o	(1)	-
3o	o,39	-	-	-	-	23,5	(2)	-	-	+
31	x1,27	-	-	-	-	17,7	(2)	185,o	(1)	+
32	o,36	32,8	(2)	14,6	(2)	-	-	-	-	-
33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	o,33	76,3	(1)	16,o	(1)	54,8	(2)	-	-	+

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Fortsetzung Tabelle 6

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Utriculus

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	o,45	59,8	(1)	13,2	(1)	7o,8	(2)	-	-	-
36	o,42	145,3	(1)	52,8	(1)	6o,8	(2)	-	-	-
37	o,54	8,8	(1)	1o,4	(1)	-	-	-	-	-
38	x1,24	2o8,o	(1)	128,1	(1)	-	-	43,o	(1)	-
39	x1,27	3o,2	(2)	36,4	(2)	87,6	(2)	356,o	(1)	-
4o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	x1,27	1o6,5	(1)	3o,2	(1)	48,9	(2)	35,o	(1)	(+)
42	x1,27	85,3	(2)	42,5	(2)	-	-	263,o	(1)	+
43	x1,24	81,1	(1)	38,3	(1)	63,3	(2)	3o6,o	(1)	+
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	x1,18	169,4	(1)	1o3,3	(1)	133,1	(2)	56,o	(1)	-
46	x1,21	73,2	(1)	36,5	(1)	54,5	(2)	562,o	(1)	+
47	x1,18	87,1	(1)	42,5	(1)	1o2,3	(2)	1121,o	(1)	(+)
48	x1,27	71,4	(1)	55,4	(1)	421,6	(2)	142,o	(1)	-
49	x1,3	4o,4	(1)	34,7	(1)	98,6	(2)	28,o	(1)	-
5o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	x1,24	54,7	(1)	37,2	(1)	127,1	(2)	64,o	(1)	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Tabelle 7

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Bogengang

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	o,33	141,o	(1)	155,7	(1)	-	-	-	-	-
2	o,48	-	-	-	-	74,9	(1)	-	-	+
3	1,48	53,5	(1)	99,1	(1)	95,6	(1)	93,5	(2)	-
4	o,69	77,5	(1)	68,6	(1)	88,7	(1)	-	-	-
5	o,54	87,5	(1)	147,1	(1)	151,4	(1)	-	-	-
6	o,48	11,o	(1)	14,o	(1)	-	-	-	-	-
7	o,48	11,o	(1)	14,o	(1)	-	-	-	-	-
8	o,6	5,6	(1)	1o,2	(1)	-	-	-	-	-
9	o,6	5,6	(1)	1o,2	(1)	-	-	-	-	-
1o	o,6	5,6	(1)	1o,2	(1)	-	-	-	-	-
11	o,6	5,6	(1)	1o,2	(1)	-	-	-	-	-
12	o,36	24,8	(1)	15,5	(1)	341,2	(1)	-	-	-
13	o,36	24,8	(1)	15,5	(1)	341,2	(1)	-	-	-
14	o,9	77,6	(1)	7o,2	(1)	34,7	(1)	98,o	(1)	-
15	o,9	77,6	(1)	7o,2	(1)	34,7	(1)	98,o	(1)	-
16	o,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	o,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 7

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Bogengang

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	o,36	48,7	(1)	51,3	(1)	-	-	-	-	-
2o	o,72	45,o	(1)	34,9	(1)	-	-	-	-	-
21	o,72	45,o	(1)	34,9	(1)	-	-	-	-	-
22	o,24	91,8	(1)	48,1	(1)	-	-	-	-	+
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	o,18	4o,2	(1)	68,1	(1)	-	-	-	-	-
25	o,87	11o,5	(1)	392,4	(1)	-	-	-	-	-
26	x1,31	5o,1	(1)	148,6	(1)	81,6	(2)	35,o	(1)	-
27	x1,38	73,4	(2)	67,o	(2)	94,5	(2)	156,o	(1)	-
28	x1,66	63,1	(2)	112,9	(2)	56,o	(2)	92,o	(1)	-
29	x1,18	111,9	(1)	2o5,5	(1)	143,2	(2)	135,o	(1)	-
3o	x1,27	-	-	-	-	129,7	(2)	327,o	(1)	-
31	o,45	32,3	(1)	16,8	(1)	54,7	(2)	-	-	-
32	x1,3	76,9	(2)	4o,8	(2)	44,6	(2)	32o,o	(1)	+
33	x1,27	52,4	(2)	36,8	(2)	76,o	(2)	227,o	(1)	-
34	o,66	46,8	(1)	25,2	(1)	-	-	-	-	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Fortsetzung Tabelle 7

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Endolymphe Bogengang

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	x1,33	56,4	(2)	19,6	(2)	-	-	56,o	(1)	-
36	o,42	-	-	-	-	34,2	(2)	-	-	+
37	o,51	73,8	(1)	33,6	(1)	42,8	(2)	-	-	+
38	o,6	72,3	(1)	42,o	(1)	33,5	(2)	-	-	+
39	x1,33	44,2	(1)	24,3	(1)	56,1	(2)	299,o	(1)	-
4o	x1,12	82,1	(1)	47,7	(1)	11o,8	(2)	256,o	(1)	(+)
41	x1,42	118,6	(2)	44,4	(2)	-	-	227,o	(1)	+
42	x1,3	81,3	(1)	33,2	(1)	-	-	277,o	(1)	+
43	x1,63	1o3,5	(1)	39,7	(1)	6o,1	(2)	42o,o	(1)	+
44	x1,66	157,4	(2)	72,5	(2)	67,3	(2)	35,o	(1)	-
45	x1,39	129,4	(1)	4o,2	(1)	116,9	(2)	99,o	(1)	(+)
46	x1,48	137,2	(1)	41,9	(1)	152,2	(2)	534,o	(1)	-
47	x1,69	71,7	(1)	3o,5	(1)	48,7	(2)	1o32,o	(1)	+
48	x1,57	138,2	(1)	63,7	(1)	55,o	(2)	64,o	(1)	-
49	x1,48	5o,9	(2)	34,9	(2)	2o6,5	(2)	64,o	(1)	-
5o	x1,72	38,2	(2)	15,o	(2)	342,6	(2)	71,o	(1)	-
51	x1,48	66,5	(1)	52,5	(1)	339,2	(2)	21,o	(1)	-

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Tabelle 8

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Liquor

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1,57	17,1	(1)	89,9	(1)	87,2	(1)	-	-	+
9	1,57	17,1	(1)	89,9	(1)	87,2	(1)	-	-	+
1o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	1,57	17,1	(1)	89,9	(1)	87,2	(1)	-	-	+
15	1,57	17,1	(1)	89,9	(1)	87,2	(1)	-	-	+
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fortsetzung Tabelle 8

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Liquor

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
18	o,24	-	-	28,o	(1)	-	-	-	-	-
19	o,24	-	-	28,o	(1)	-	-	-	-	-
2o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	1,39	21,6	(1)	1o3,6	(1)	-	-	348,o	(1)	+
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	o,59	2o,9	(1)	274,1	(1)	46,2	(2)	-	-	-
28	o,48	3,1	(1)	15,2	(1)	17,3	(2)	-	-	-
29	o,48	3,1	(1)	15,2	(1)	17,3	(2)	-	-	-
3o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	x1,39	-	-	-	-	84,3	(2)	2o6,o	(1)	+
33	x1,39	-	-	-	-	84,3	(2)	2o6,o	(1)	+
34	o,45	21,3	(1)	67,6	(1)	-	-	-	-	+

Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

Fortsetzung Tabelle 8

Meerschweinchen, Gefrierpräparation

Liquor

Ohr	Volumen (µl)	Kalium (mmol/l)	N	Natrium (mmol/l)	N	Protein (mg/1ooml)	N	Glucose (mg/1ooml)	N	Urteil
35	o,45	21,3	(1)	67,6	(1)	-	-	-	-	+
36	x1,33	15,2	(2)	51,4	(2)	-	-	1o6,o	(1)	+
37	o,45	17,3	(1)	59,6	(1)	25o,7	(2)	-	-	(+)
38	o,45	17,3	(1)	59,6	(1)	25o,7	(2)	-	-	(+)
39	2,oo	35,1	(2)	1o3,5	(2)	-	-	356,o	(1)	-
4o	2,oo	35,1	(2)	1o3,5	(2)	-	-	356,o	(1)	-
41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	1,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	1,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	1,32	12,8	(2)	119,9	(2)	44,o	(2)	836,o	(1)	+
47	o,72	19,o	(1)	149,5	(1)	41,8	(2)	-	-	(+)
48	x1,3	-	-	-	-	52,9	(2)	43,o	(1)	+
49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5o	1,15	13,6	(2)	59,5	(2)	99,1	(2)	114,o	(1)	+
51	2,21	8,4	(2)	57,1	(2)	149,2	(2)	121,o	(1)	-

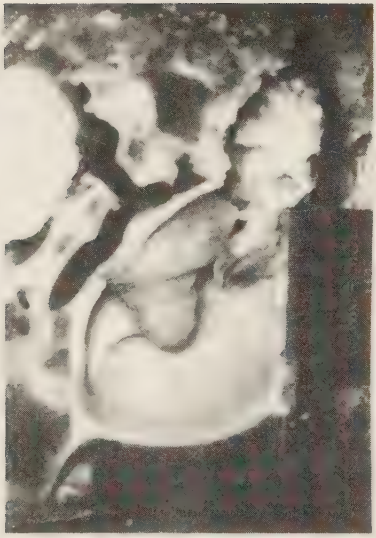
Die mit x gekennzeichneten Proben wurden mit 1 µl Ampuwa verdünnt.

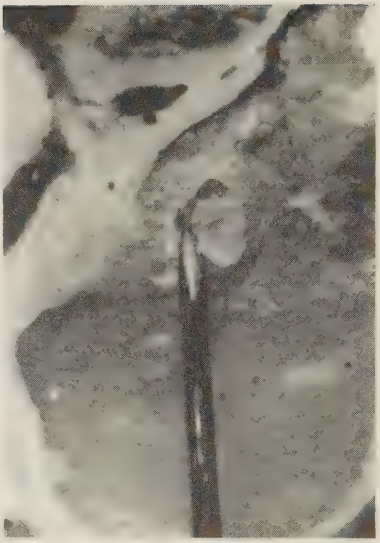
Tabelle 9

Meerschweinchen Gefrierpräparation

	Kalium (mmol/l)	Natrium (mmol/l)	Protein (mg/1ooml)	Glucose (mg/1ooml)
Perilymphe der Scala tympani	7,6 ± 2,6 (9)	87,2 ± 14,4 (9)	182,4 ± 5,6 (6)	1o8,6 ± 63,7 (6)
Perilymphe der Scala vestibuli	23,6 ± 4,1 (7)	122,5 ± 11,6 (7)	218,2 ± 37,8 (7)	89,3 ± 11,9 (3)
Perilymphe des Vestibulums	19,4 ± 7,1 (6)	86,1 ± 6,4 (6)	21o,6 ± 31,o (7)	155,8 ± 83,5 (5)
Endolymphe der Cochlea	1o3,8 ± 29,5 (7)	45,1 ± 6,6 (7)	65,9 ± 17,7 (8)	166,o ± 1o,8 (3)
Endolymphe des Sacculus	8o,9 ± 11,4 (5)	34,o ± 7,6 (5)	72,2 ± 16,1 (5)	236,3 ± 152,9 (4)
Endolymphe des Utriculus	77,2 ± 5,o (6)	3o,6 ± 1o,1 (6)	45,6 ± 19,7 (6)	251,3 ± 61,3 (3)
Endolymphe des Bogengangs	86,2 ± 17,1 (8)	39,o ± 6,1 (8)	48,4 ± 14,8 (7)	311,o ± 82,o (4)
Liquor	16,9 ± 3,8 (6)	82,o ± 26,9 (6)	73,5 ± 23,7 (5)	163,4 ± 118,5 (5)

Angegeben als: Mittelwert ± Standardabweichung (Anzahl der Proben)





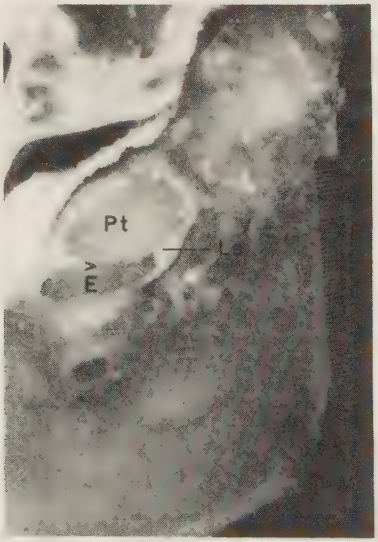


Abb. 1, oben links: Lage der rechten Cochlea nach Montage im Kryotom

Abb. 2, oben rechts: Entfernung des Knochens über der Perilymphe Scala tympani der Basalwindung. Cochlea zum Schutz gegen mechan. Einflüsse in Wassereis eingebettet

Abb. 3, links: Perilymphe Scala tympani (Pt) freigelegt. Unterhalb der lamina basilaris (>) Endolymphe cochleae (E). Ligamentum spirale im Anschnitt (Ls)

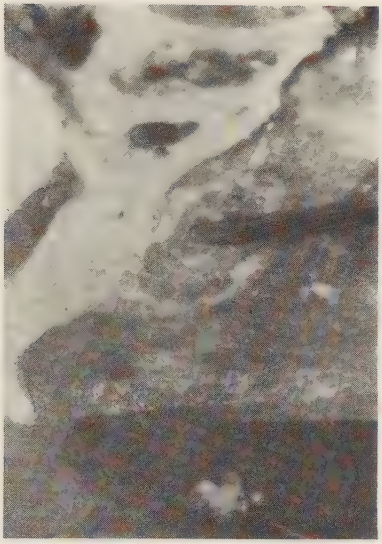


Abb. 4, oben links: Entnahme der Perilymphe Scala tympani mit der Präparationskanüle. Unten im Bild entnommene Lymphstückchen auf der Skalpellklinge.

Abb. 5, oben rechts: Aufnahme der geschmolzenen Lymphprobe in eine Mikrokapillare.

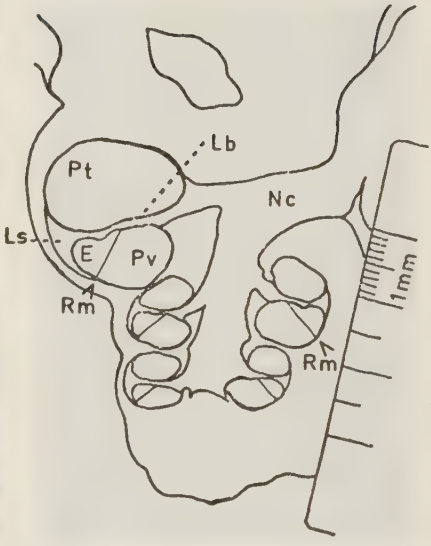
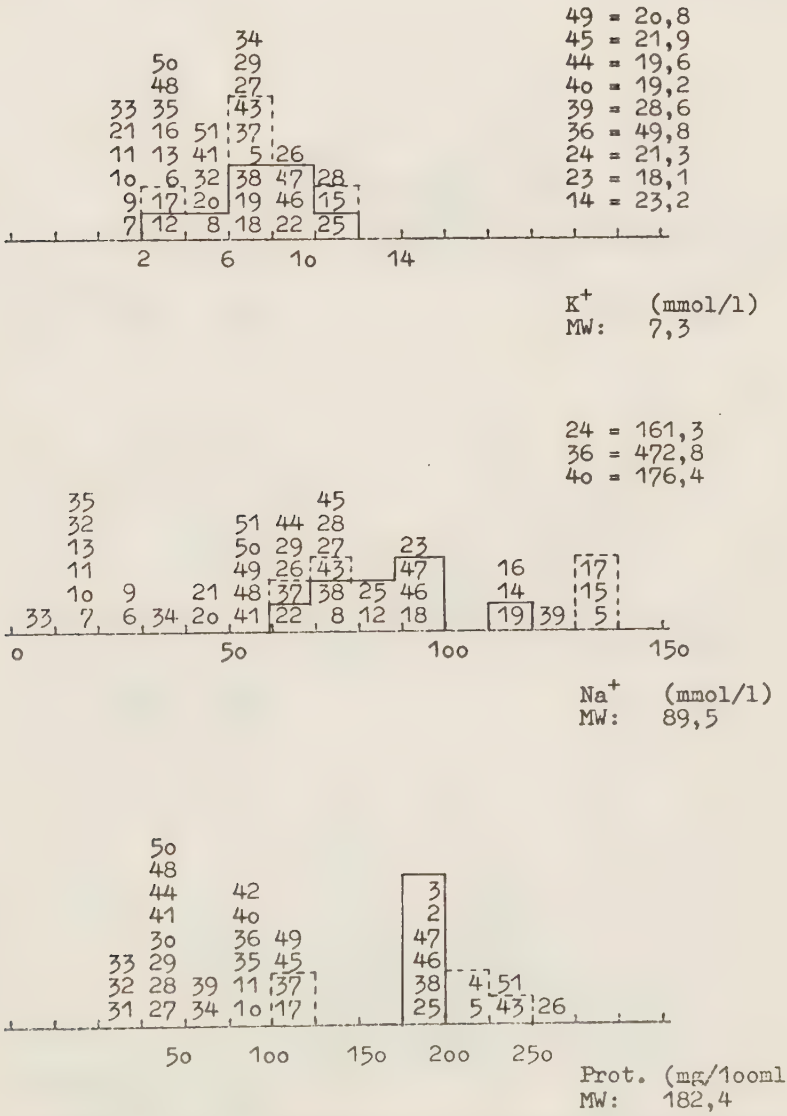


Abb. 6a, 6b: Die Cochlea im Anschnitt durch den Modiolus
Perilymphe Scala tympani (Pt)
Perilymphe Scala vestibuli (Pv)
Endolymphe cochleae (E)
Reissner Membran (Rm)
Lamina spiralis (Ls)
Ramus cochlearis des Nervus vestibulo-cochlearis (Nc)

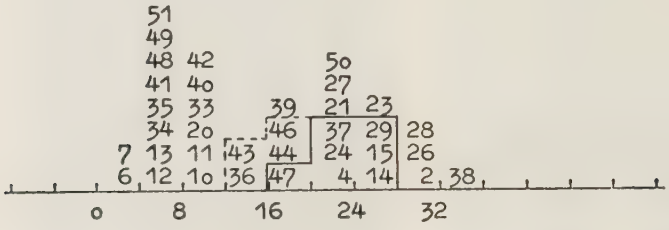
Abb. 7
Perilymphe Scala tympani, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 1

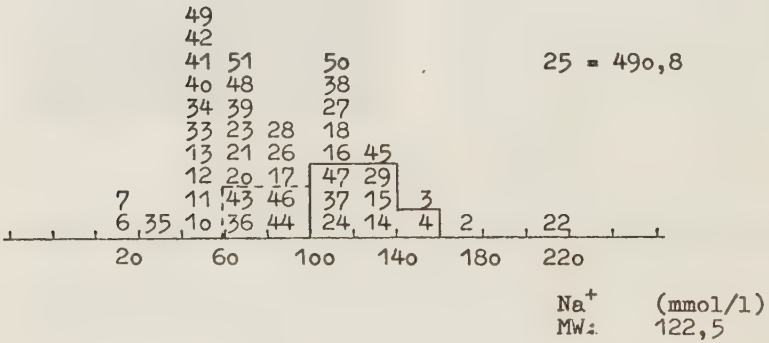


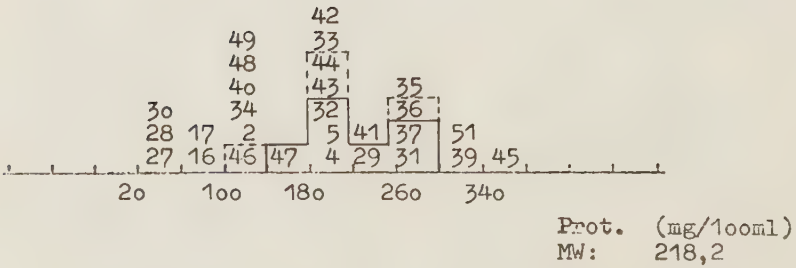
---- Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden

____ Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden

Abb. 8
Perilymphe Scala vestibuli, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 2

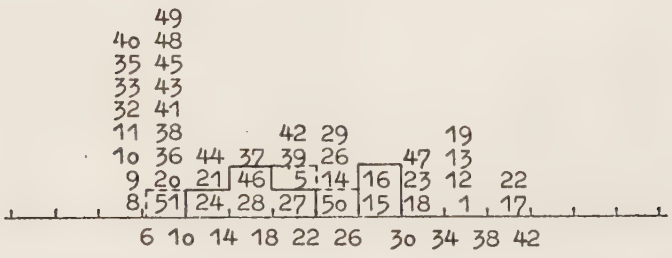


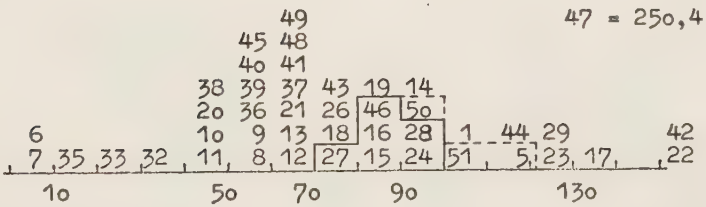


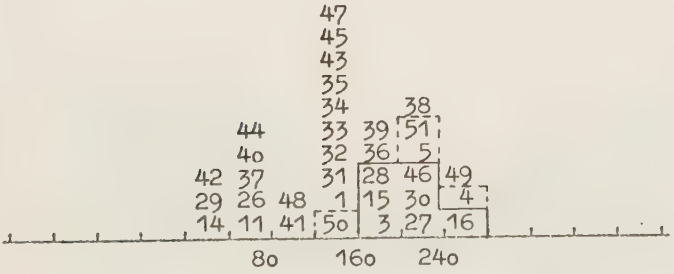


----Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden
____Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden

Abb. 9
Perilymphe des Vestibulums, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 3

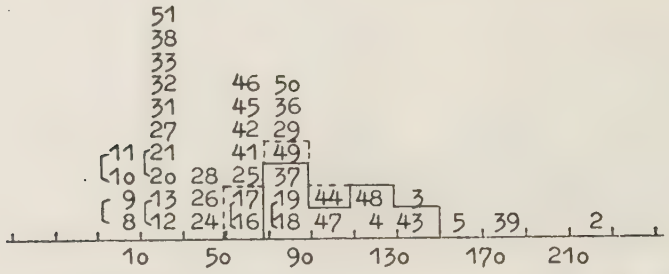


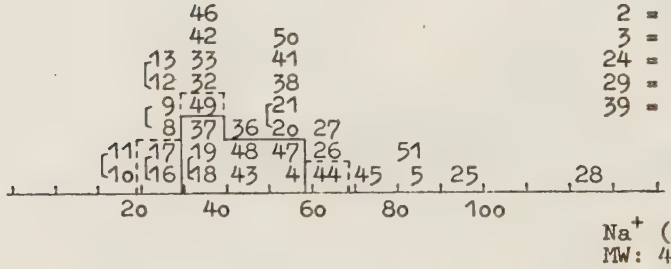


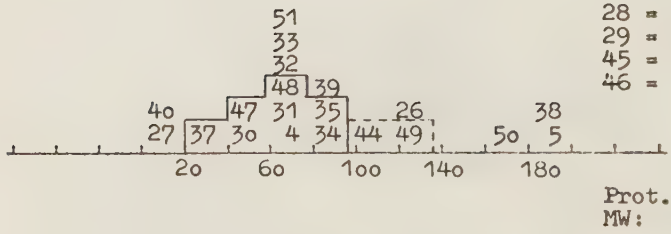


---- Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden
____ Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden

Abb. 1o
Endolymphe der Cochlea, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 4

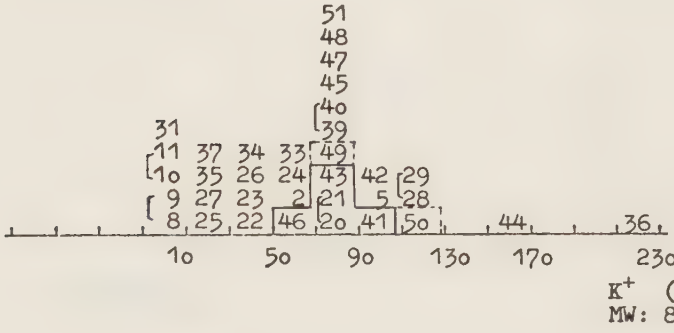


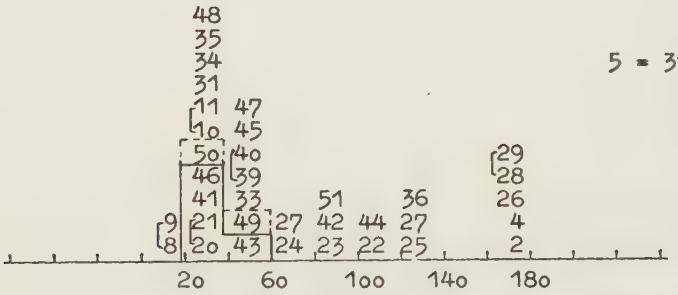




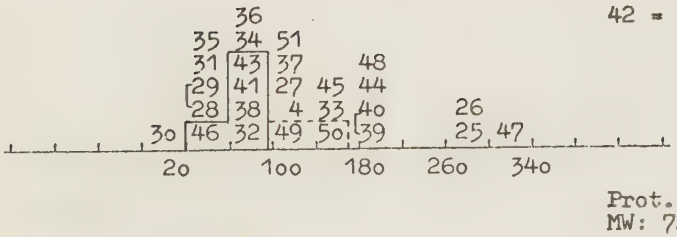
---- Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden
—— Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden
[gekennzeichnete Proben wurden vor der Analyse gepoolt

Abb. 11
Endolymphe des Sacculus, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 5





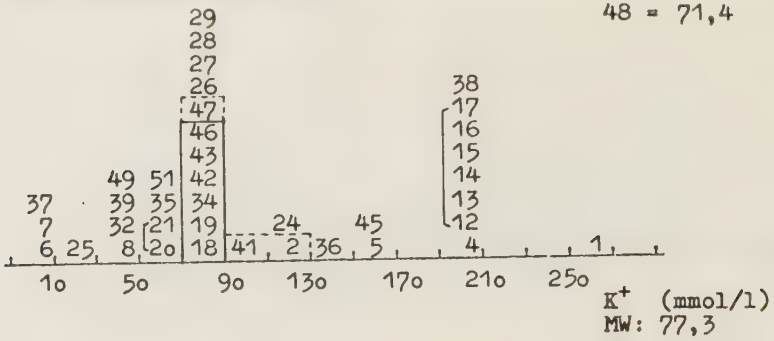
5 = 317,6

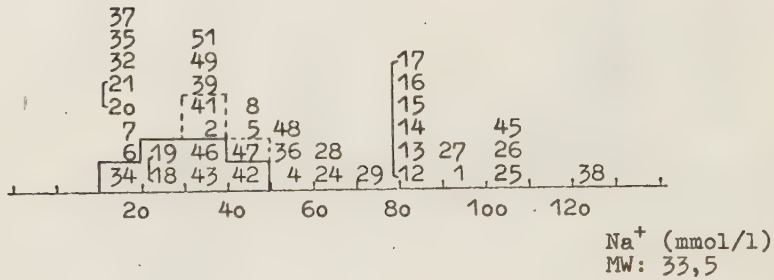


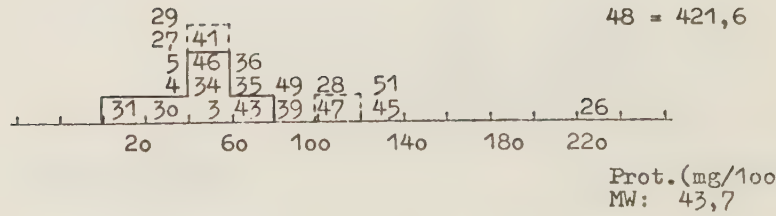
42 = 491,3

---- Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden
____ Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden
[gekennzeichnete Proben wurden vor der Analyse gepoolt

Abb. 12
Endolymphe des Utriculus, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 6





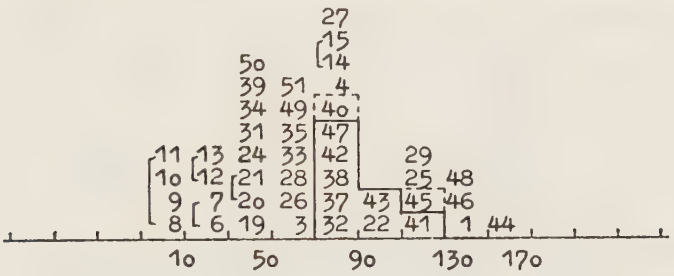


---- Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden

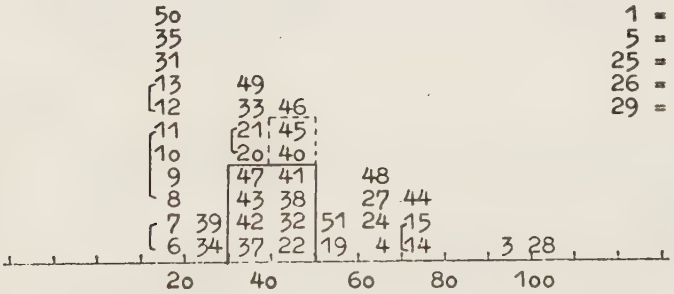
—— Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden

[gekennzeichnete Proben wurden vor der Analyse gepoolt

Abb. 13
Endolymphe des Bogengangs, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 7

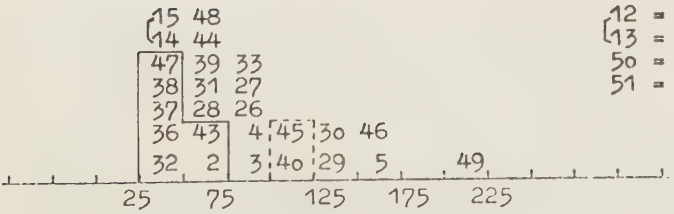


K^+ (mmol/l)
MW: 86,2



1 = 155,7
5 = 147,1
25 = 392,4
26 = 148,6
29 = 2o5,5

Na^+ (mmol/l)
MW: 39,o

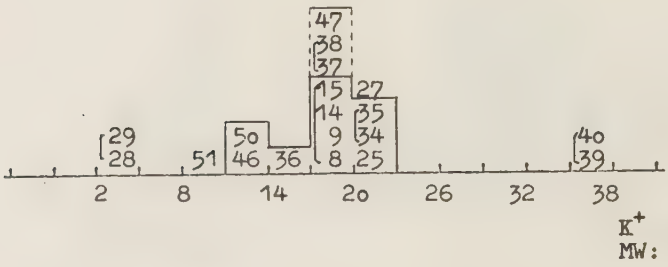


12 = 341,2
13 = 341,2
5o = 342,6
51 = 339,2

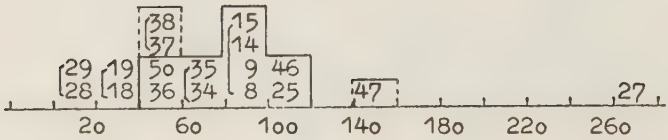
Prot.(mg/1ooml)
MW: 48,4

----- Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden
——— Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden
[gekennzeichnete Proben wurden vor der Analyse gepoolt

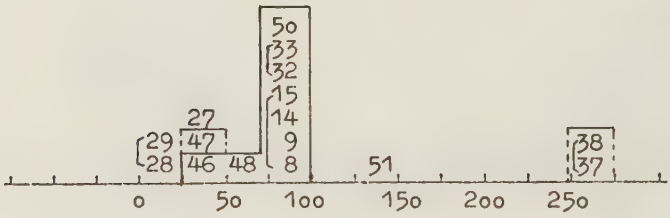
Abb. 14
Liquor, Verteilung der Einzelproben
Numerierung entspr. Tab. 8



K^+ (mmol/l)
MW: 16,9



Na^+ (mmol/l)
MW: 82,0



Prot.(mg/100ml)
MW: 73,5

----Proben, die nur für den 1. MW berücksichtigt wurden

——Proben, die auch für den 2. MW verwendet wurden

{ gekennzeichnete Proben wurden vor der Analyse gepoolt und sind rechtem und linkem Ohr zuzuordnen

LITERATURVERZEICHNIS

ALDRED, P., HALLPIKE, C.S., LEDOUX, A.: Observations on the osmotic pressure of the endolymph;
J. Physiol. (Lond.) 98, 446 - 453 (194o)

ALTMANN, F., WALTNER, J.G.: The circulation of the labyrinthine fluids;
Ann. Otol. (St. Louis) 56, 684 - 7o8 (1947)

ARENBERG, K.: The role of endolymphatic sac in the pathogenesis of endolymphatic hydrops in man;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 275, 7 - 44 (197o)

ARNOLD, W., ILBERG, Ch. v.: Verbindungswege zwischen Liquor und Perilymphraum;
Arch. klin. exp. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 198, 247 - 261 (1971)

BECK, C., HOLZ, E.: Versuche und kritische Betrachtungen zur immuno-elektrophoretischen Untersuchung der Innenohrflüssigkeiten;
Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 184, 411 - 418 (1965)

BECK, C., HOLZ, E.: Die Mikropräparation der Cochlea;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 65, 327 - 336 (1968)

BEKESY, G. v.: DC resting potentials inside the cochlear partition;
J. acoust. Soc. Amer. 24, 72 - 76 (1952)

BOSHER, S.K., WARREN, P.L.: A study of the electrochemistry and osmotic relationships of the cochlear fluids in the neonatal rat at the time of the development of the endocochlear potential;
J. Physiol. (London) 212, 739 - 761 (1971)

CASORATI, V.: Su di alcune caratteristiche fisiche e chimiche della perilinfa e del liquor del cavallo;
Clin. otorinolaring. 1o, 398 - 4o5 (1958)

CHOU, J.T.Y.: Respiration of Reissner's membrane of the Guinea pig;
J. Laryng. 77, 374 - 38o (1963)

CHOU, J.T.Y.: The effect of cardiac glycoside on microphonic potential;
Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 195, 246 - 256 (197o)

CHOU, J.T.Y., RODGERS, K.: Respiration of tissues lining the mammalian membranous labyrinth;
J. Laryng. 76, 341 - 351 (1962)

CITRON, L., EXLEY, D.: Recent work on the biochemistry of the labyrinthine fluids;
Proc. roy. Soc. Med. 5o, 697 - 7o1 (1957)

COTUGNO, G.: De aquaeductibus auris humanae internae;
Wien (1774)

DAVIES, D.G.: Biochemistry of the inner ear fluids. - Experimental and clinical observations;
J. Laryng. 82, 3o1 - 311 (1968)

GEIGY, J.R.: Wissenschaftliche Tabellen;
hrsg.: J.R. Geigy, A.G., Basel (1969) 7. Auflage (1. revidierter Nachdruck)

GIEBEL, W.: Quantitative Bestimmung von Aminosäuren im Pico-mol-Bereich durch Densitometrie von Mikro-Dünnschicht-Chromatogrammen.
(Vortrag: Imanco-Symposium, Fortschritte der quantitativen Bildanalyse, Frankfurt 1975)
In: Fortschritte der quantitativen Bildanalyse (Imanco GmbH ed) pag. 295 - 3o2 (1975)

GIEBEL, W.: Vergleichende Biochemie des Innenohres von Vertebraten;
Habilitationsschrift (Tübingen 198o) in Vorbereitung

GIEBEL, W., KEPPELER, T.: Quantitative determination of serum proteins in guinea pig perilymph obtained by different preparation methods;
INSERM 68, 3o1 - 31o (1977)

GRAF, K., PORETTI, G.: Die Entstehung der Perilymphe;
Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) 12, 351 - 365 (195o)

GUILD, S.R.: The circulation of the endolymph;
Amer. J. Anat. 39, 57 - 81 (1927b)

HONRUBIA, V., JOHNSTONE, B.M., BUTLER, R.A.: Maintenance of cochlear potentials during asphyxia;
Acta oto-laryng. 6o, 1o5 - 112 (1965)

HINOJOSA, R.: Transport of ferritin across Reissner's membrane;
Acta oto-laryng. (Stockh.) Suppl. 292, 1 - 27 (1971)

ILBERG, Ch. v., VOSTEEN, K.-H.: Permeability of inner ear membranes;
Acta oto-laryng. 67, 165 - 17o (196o)

IURATO, S.: Submicroscopic structure of the inner ear;
Pergamon Press, Oxford-London (1967)

JAHNKE, K.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die Permeabilitätsbarrieren des Innenohres;
Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 2o4, 199 - 216 (1973)

JAKO, G., WEILLE, F.L., PALMER, P.E., IRWIN, J.E.: An experimental study of the dynamic circulation of the labyrinthine fluids;
Ann. Otol. (St. Louis) 68, 733 - 739 (1959)

JOHNSTONE, B.M.: The relation between endolymph and the endocochlear potential during asphyxia;
Acta oto-laryng. 6o, 113 - 12o (1965)

JOHNSTONE, C.G., SCHMIDT, R.S., JOHNSTONE, B.M.: Sodium and potassium in vertebrate cochlear endolymph as determined by flame microspectrophotometry;
Comp. Biochem. Physiol. 9, 335 - 341 (1963)

JOHNSTONE, B.M., SELLICK, P.M.: The peripheral auditory apparatus;
Quart. Rev. Biophys. 5, 1 - 57 (1972)

JUHN, S.K., YOUNGS, J.N.: Changes in perilymph glucose concentration;
Arch. Otolaryng. (Chic.) 96, 556 - 558 (1972)

KLEINSCHMIDT, E.-G., VICK, U.: Proteinstudie zur Frage der Perilymphsubstitution durch Liquor cerebrospinalis via Aquaeductus cochleae;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 82, 99 - 1o5 (1976)

KOBURG, E., PLESTER, D.: Zur Größe des Eiweißstoffwechsels der Gewebe der Cochlea. (Autoradiographische Untersuchungen am Meerschweinchen nach Gabe von ^{3}H-Leucin und ^{3}H-Lysin;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 54, 319 - 335 (1962)

KÖLLIKER, R.A.: Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Tiere;
Leipzig (Engelmann) (1861)

KOIDE, Y.: Introductory studies on the chemical physiology of the labyrinth;
Acta med. biol. 6, 1 - 28 (1958)

KONISHI, T., HAMRICK, P.E., WALSH, P.J.: Ion transport in guinea pig cochlea.
I. Potassium and sodium transport;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 86, 22 - 34 (1978)

KONISHI, T., KELSEY, E.: Effect of sodium deficiency on cochlear potentials;
J. acoust. Soc. Amer. 43, 462 - 47o (1968)

KONISHI, T., KELSEY, E.: Cochlear potentials and electrolyte contents in endolymph in experimentally induced endolymphatic hydrops;
J. acoust. Soc. Amer. 54, 294 (1973)

KONISHI, T., MENDELSOHN, E.: Effect of ouabain on cochlear potential and endolymph composition in guinea pig;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 69, 192 - 199 (197o)

KUIJPERS, W.: Cation transport and cochlear function;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 67, 2oo - 2o5 (1969)

KUIJPERS, W., BONTING, S.L.: The cochlear potential
II. The nature of the cochlear endolymphatic resting potential;
Pflügers Arch. 32o, 359 - 372 (197o)

LAWRENCE, M., WOLSK, D., LITTON, W.B.: Circulation of inner ear fluids;
Ann. Otol. (St. Louis) 7o, 753 - 776 (1961)

LEDOUX, A.: Les liquides labyrinthiques;
Acta oto-rhino-laryng. belg. 4, 216 - 223 (195o)

LUNDQUIST, P.G.: Aspects on endolymphatic sac. Morphology and function;
Arch. Oto-Rhino-Laryng. 212, 231 - 24o (1976)

MAKIMOTO, K., SILVERSTEIN, H.: Sodium and potassium concentrations in the endolymph and perilymph of the cat; Arch. Otolaryng. (Chic.) 83, 174 - 179 (1974)

MAKIMOTO, K., TAKEDA, T., IBUSUKI, T.: Mucopolysacharides in perilymph; Ann. Otol. (St. Louis) 76, 885 - 894 (1967)

MAKIMOTO, K., TAKEDA, T., SILVERSTEIN, H.: Chemical composition in various compartments of inner ear fluids; Arch. Oto-Rhino-Laryng. 22o, 259 - 264 (1978)

MENIERE, P.: Pathologie auriculaire: Memoire sur des lesions de l'oreille interne donnant lieu à des symptomes de congestion cérébrale apoplectiforme; Gazette Médicale de Paris 38, 597 - 6o1 (1861)

MEYER, M.: Über die Durchlässigkeit des Endolymphschlauchs für Flüssigkeiten (zur Physiologie des Innenohres); Z. Laryng. Rhinol. 3o, 455 - 466 (1951)

MEYER ZUM GOTTESBERGE, A., PLESTER, D.: Autoradiographische Untersuchungen zum Stofftransport in der Cochlea des Meerschweinchens; Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 178, 145 - 15o (1961)

MIYAKE, H.: Biochemical study of labyrinthine fluids; Jap. J. Otolog. 63 (Suppl. 2), 1 - 4 (196o)

MORIMOTO, M., MAKIMOTO, K.: Chemical composition in various compartments of inner ear fluid. Read before the 13th workshop on inner ear biology in Düsseldorf on August 23, (1976)

NAFTALIN, L., HARRISON, M.S.: Circulation of labyrinthine fluids; J. Laryng. 72, 118 - 136 (1958)

ORSULAKOVA, A.: Experimentelle Untersuchungen über die passiven Austauschvorgänge zwischen Liquor cerebrospinalis, Blut und Innenohrflüssigkeiten (beim Meerschweinchen); Inaugural-Dissertation, Düsseldorf (1975)

PALVA, T., RAUNIO, V.: Lactate dehydrogenase isoenzymes of postmortem cochlear fluids;
Ann. Clin. Res. 1, 1o3 - 113 (1969)

PETERSON, S.K., FRISHKOPF, L.S., LECHENE, C., OMAN, C.M., WEISS, Th.F.: Element composition of inner ear lymphs in cats, lizards, and skates determined by electron probe microanalysis of liquid samples;
J. comp. Physiol. 126, 1 - 14 (1978)

PLESTER, D.: Autoradiographische Untersuchungen des Eiweißstoffwechsels in der Schnecke;
Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 176, 668 - 672 (196o)

PLESTER, D., KOBURG, E., HEMPEL, K.: Autoradiographische Untersuchungen des Eiweißstoffwechsels der verschiedenen Gewebe des Innenohres;
Ann. Histochim. Suppl. 2, 91 - 95 (1962)

RADEMACHER, A.: Vergleichende elektrophoretische Untersuchungen des Serums und der Perilymphe des Meerschweinchens;
Inaugural-Dissertation, Düsseldorf (1966)

RADEMACHER, A., GIEBEL, W.: Postmortale Veränderungen der Perilymphe des Meerschweinchens;
1oth Workshop on Inner Ear Biology Graz (1973)

RAUCH, S.: Die Rolle der Elektrolyte beim Hörvorgang;
Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 178, 126 - 137 (1961)

RAUCH, S.: Biochemische Studien zum Hörvorgang.
C. Die resorptive Funktion der Stria vascularis;
Pract. oto-rhino-laryng. (Basel) 25, 81 - 88 (1963)

RAUCH, S.: Biochemie des Hörorgans.
Einführung in die Methoden und Ergebnisse;
Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart (1964)

RAUCH, S., KÖSTLIN, A.: Biochemische Studien zum Hörvorgang;
Z. Laryngol. Rhinol. Otol. 41, 56 - 69 (1962)

RAUCH, S., KÖSTLIN, A., SCHNIEDER, E.A., SCHINDLER, K.: Arguments for the permeability of Reissner's membrane;
Laryngoscope 73, 135 - 147 (1963)

RAUCH, S., RAUCH, I.: Physico-chemical properties of the inner ear especially ionic transport.
In: Handbook of sensory physiology Vol. V/1, Auditory system. Anatomy. Physiology (Ear) pp 647 - 682 (KEIDEL, W.D., NEFF, W.D. eds) Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York (1974)

REISSNER, E.: De auris formatione;
Dissertatio, Dorpati, Livonorum (1851)

RODGERS, K., CHOU, J.T.Y.: Concentrations of inorganic ions in guinea-pig inner ear fluids.
I. Concentrations of potassium and sodium in cochlear and utricular endolymph;
Z. Laryng. (Lond.) 8o, 778 - 79o (1966a)

RODGERS, K., CHOU, J.T.Y.: Concentrations of inorganic ions in guinea pig inner ear fluids;
II. Postmortem changes in the ionic composition of utricular endolymph and perilymph;
J. Laryng. 8o, 885 - 893 (1966b)

SCHEIBE, F., HACHE, U., HAUPT, H., GERHARDT, H.-J.: Proteinkonzentration der Meerschweinchenperilymphe nach Schallbelastung;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 8o, 32 - 37 (1975)

SCHINDLER, K., SCHNIEDER, E.A., WULLSTEIN, H.L.: Vergleichende Bestimmung einiger Elektrolyte und organischer Substanzen in der Perilymphe otosclerosekranker Patienten;
Acta oto-laryng. (Stockh.) 59, 3o9 - 319 (1965)

SCHLÖGL: Persönl. Mitteilung 1961
zit. in: RAUCH, S.: Biochemie des Hörorgans, Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart 1964

SCHNIEDER, E.A.: Morphologische und biochemische Befunde nach Stapedektomie beim Meerschweinchen;
Arch. klin. exp. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 191, 7o9 - 712 (1968)

SCHREINER, L.: Untersuchungen mit markierten Stoffen zur Durchgängigkeit des Aquaeductus cochleae;
Zbl. Hals-, Nas.- u. Ohrenheilk. 77, 2o9 (1963a)

SCHREINER, L.: Untersuchungen mit markierten Stoffen zur Durchgängigkeit des Aquaeductus cochleae;
Arch. Ohr.-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 182, 587 - 59o (1963b)

SCHUKNECHT, H.F., SEIFI, A.F.: Experimental observations on the fluid physiology of the inner ear;
Ann. Otol. (St. Louis) 72, 687 - 712 (1963)

SCOTT: (1931):
zit. in RAUCH, S.: Biochemie des Hörorgans, p. 151;
Georg-Thieme-Verlag (1964)

SELLICK, P.M., BOCK, G.R.: Evidence for an electrogenic potassium pump as the origin of the positive component of the endocochlear potential;
Pflügers Arch. 352, 351 - 361 (1974)

SELLICK, P.M., JOHNSTONE, B.M.: Changes in cochlear endolymph Na^+ concentration measured with Na^+ specific microelectrode;
Pflügers Arch. 336, 11 - 2o (1972)

SELLICK, P.M., JOHNSTONE, B.M.: Production and role of inner ear fluid;
Progress in Neurobiology 5, 337 - 362 (1975)

SILVERSTEIN, H.: Biochemical studies of the inner ear fluids in the cat;
Ann. Otol. (St. Louis) 75, 48 - 63 (1966a)

SILVERSTEIN, H.: The collection and microanalysis of inner ear fluids;
In: Handbook of auditory and vestibular research methods;
Smith, C.A., Vernon, J.A. eds. pp. 4o2 - 436;
Charles C. Thomas, Springfield (1976)

SILVERSTEIN, H., GRIFFIN, W.L. jr.: Diagnostic labyrinthotomy in otological disorders;
Arch. Otolaryng. (Chic.) 91, 414 - 423 (197o)

SILVERSTEIN, H., MAKIMOTO, K.: Superior vestibular and singular nerve section - animal and clinical studies;
Laryngoscope 83, 1414 - 1432 (1973)

SMITH, C.A., DAVIS, H., DEATHERAGE, B.H., GESSERT, C.F.: DC-potentials of the membranous labyrinth;
Amer. J. Physiol. 193, 2o3 - 2o6 (1958)

SMITH, C.A., LOWRY, O.H., WU, M.L.: Electrolytes of labyrinthine fluids;
Laryngoscope 64, 141 - 153 (1954)

SUGA, A., NAKASHIMA, T., SNOW, J.B.: Sodium and potassium ions in endolymph;
Arch. oto-laryng. 91, 37 - 43 (197o)

TASAKI, J., SPYROPOULOS, C.S.: Stria vascularis as source of endocochlear potential;
J. Neurophysiol. 22, 149 - 155 (1959)

TÖNSHOFF, B.: Biochemische Analysen an Endo- und Perilymphe des Meerschweinchens bei experimentellem Hydrops nach Gefrierpräparation;
Dissertation, Tübingen (198o)

VARGA, G., MIRISZLAI, E., SZABO, L.Z.: The effect of acetatazolamid on the elektrolyte household of inner ear in mammals. Examination carried out in perilymph;
J. Laryng. 8o, 27o - 275 (1966)

WEBER, E.: Über den Zusammenhang des Arachnoidalraumes mit dem Labyrinth;
Monatsschr. Ohrenheilk. 3, 1o5 - 1o6 ;1869)

Herrn Professor Dr. Plester möchte ich für die Überlassung des Themas danken, Herrn Dr. Giebel für seinen unermüdlichen Beistand und Rat, Herrn Dr. Strohm für die geduldige Einweisung in die operationsmikroskopische Präparationstechnik.
Weiterhin möchte ich Frau Tönshoff, Frau Bremicker, Frau Füchtbauer, Frau Henkel, Frau Kaierle und Herrn Depinoy für die gute Zusammenarbeit und wertvolle Hilfe danken.

Lebenslauf

Am 22. Mai 1951 wurde ich, Johannes Krauss, als Sohn des damaligen Studienreferendars Eberhard Krauss und seiner Ehefrau Karla, geb. Zilkens in Tübingen geboren.

Nach vier Jahren Volksschule besuchte ich ab 1962 das humanistische Uhland-Gymnasium in Tübingen, wo ich 197o das Abitur bestand.
Im Anschluß an meine Schulzeit arbeitete ich eineinhalb Jahre als Krankenpfleger in einer psychiatrischen Klinik in Sydney in Australien.
Seit meiner Rückkehr nach Deutschland im April 1973 studierte ich zunächst drei Semester Geologie und Mineralogie in Tübingen, ab Oktober 1974 Humanmedizin an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg i.Br.
Zum Sommersemester 1976 wechselte ich an die Universität Tübingen, wo ich den dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung am 9.4.1981 bestand.